



Universidad Nacional de Ingeniería.
Facultad Electrotecnia y Computación.
Departamento de Electrónica.
Ingeniería Electrónica.

Trabajo monográfico para optar al título de
Ingeniero Electrónico

**Diseño de una red de servicio de internet para la
comunidad de Sabana Grande, Departamento de
Madriz**

Realizado por:

Br. Leónidas Alexander Navarrete Castro. 2010-32863

Br. Steven Elliot Zambrana Gutiérrez. 2010-32950

Tutor académico:

TKL. Marcos Munguía

Managua, Nicaragua, Diciembre del 2016

AGRADECIMIENTOS

Steven Zambrana

Agradezco ante todo al Todopoderoso por haberme encaminado a lo largo de los años por un camino de rectitud y aprendizaje amplio de la vida. Por permitirme obtener todo lo necesario para llevar a cabo este proyecto y poder proveer mis conocimientos en beneficio del prójimo.

Agradezco a cada uno de mis familiares, quienes desde una temprana edad supieron educarme y demostrarme que las metas deben ser conquistadas con mucho esfuerzo y disciplina. Especialmente a mi *mamita* Josefa Gutiérrez, mi padre Elías Zambrana, mi hermano Kevin Zambrano y en gran manera a mi madre Martha Gutiérrez y mi padre de crianza Orlando Acevedo, quienes dieron lo mejor de sí para aconsejarme y apoyarme en cada uno de mis sueños.

Agradezco a mi esposa Scarlet, quien a lo largo de estos años juntos ha sido mi apoyo, mi consejera y gran amiga al ayudarme a saber conquistar mis metas con mayor ímpetu. A ti, amada mía, debo de forma excepcional la conquista de esta nueva etapa de mi vida.

Le agradezco a mis grandes amigos Leónidas, Cristian y Luis, con quienes pude contar a lo largo de estos años de estudios y aventuras. Agradezco por cada palabra de motivación y consejo para atravesar toda adversidad y nostalgia. En especial a Leónidas, quien también se convirtió en mi gran compañero de tesis; por cada uno de los impulsos motivacionales dados y toda la paciencia otorgada, muchas gracias.

Leonidas Navarrete

Le agradezco primeramente a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por darme la capacidad para trabajar en el diseño de este proyecto de tesis.

Le doy gracias a mis padres José Leonidas Navarrete, que aunque ya no se encuentre con nosotros físicamente, siempre estará presente en mi corazón, y a mi madre Cledys Castro por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Mara Navarrete, Cledys Navarrete y Yarol Navarrete por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir.

A mi otra familia Paguaga Carballo por todo el apoyo que me han dado en estos años.

A Steven Zambrana por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo, por haberme tenido la paciencia necesaria y por esos momentos de trabajo de desvelos para concluir con este trabajo.

A otro gran amigo Cristian Escorcía, por su apoyo en las buenas y malas, por sus consejos y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que valieron la pena.

De forma especial, ambos agradecemos la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a nuestro tutor, Msc. Marcos Munguía, a la profesora María Virginia Moncada, al Dr. Pritpal Singh, a Susan Kinne y al grupo de estudiantes con los que tuvimos la dicha de compartir la experiencia de laborar en este proyecto, Mauro Sanchirico, Khalid Hossain, Cameron Collins y Tommy Mulroy. Por haber compartido con nosotros sus conocimientos y sobre todo su amistad.

Agradecemos al Ingeniero Harold Blanco por compartir sus experiencias, dándonos la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas en este tipo de proyectos que él desarrolla para zonas del norte de nuestro país.

RESUMEN DEL TEMA

Este documento monográfico presenta el diseño de una red que proveerá servicios de internet a la comunidad de Sabana Grande, en el departamento de Madriz. La solución está diseñada en función de tecnología WiFi (IEEE 802.11), utilizando equipos Ubiquiti para lograr el despliegue de la señal en esta.

Se realizó un estudio y análisis de las condiciones a través de visitas de campo con las cuales se determinó que el contar con acceso a servicios de internet tendría un impacto positivo en las actividades socioeconómicas, productivas y principalmente en los programas educativos de la comunidad.

Se estudiaron diferentes tecnologías debido a que el proyecto se inclina a la balanza económica y disponibilidad de equipos en el mercado nacional, así mismo por la fácil obtención de permisos regulatorios para ser usados en el país. Por tales razones se ha decidido trabajar con equipos de tecnología WiFi, por su bajo costo en el mercado y fácil implementación de los mismos.

Se realizaron simulaciones para evaluar el desempeño de la red. Haciendo uso del software Radio Mobile para valorar diferentes perfiles de propagación. A pesar de que este no es el más completo, es un software libre que nos da una buena aproximación y perspectiva de acuerdo al análisis del terreno y estudio de las condiciones para los radioenlaces.

Se concluye con un modelo de negocio con el objetivo de estimar el costo básico de implementación para mantener el sistema financieramente sostenible, basado en un presupuesto estimado a partir de los resultados obtenidos al realizar una encuesta de factibilidad porcentual en la zona. A través de contacto con ingenieros locales, se tuvo la facilidad de hacer las conexiones de negocio necesarias para mantener el servicio asequible y funcional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GENERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3	JUSTIFICACIÓN	4
4	CAPITULO I – INSPECCIÓN DEL SITIO EN LA COMUNIDAD (SITE SURVEY)	5
5	CAPITULO II - REQUERIMIENTOS TECNICOS	8
5.1	BANDA DE FRECUENCIA	8
5.2	TECNOLOGIA.....	10
5.2.1	WiFi	11
5.2.2	WIMAX	13
5.2.3	CONEXION SATELITAL (VSAT)	17
5.3	EQUIPOS A UTILIZAR	19
6	CAPITULO III - ASPECTOS REGULATORIOS.....	22
7	CAPITULO IV - SIMULACIONES	27
8	CAPITULO V - REQUERIMIENTOS ECONOMICOS	41
8.1	MODELO DE NEGOCIO.....	41
8.2	SEGMENTO DE CLIENTES	41
8.3	PROPUESTAS DE VALOR	42
8.4	VINCULOS CON LOS CLIENTES	43
8.5	CANALES.....	43
8.6	ASOCIADOS CLAVE	43
8.7	ACTIVIDADES CLAVE	44
8.8	RECURSOS CLAVE	44
8.9	ESTRUCTURA DE COSTOS	46
8.9.1	COSTOS NO RECURRENTES	46
8.9.2	COSTOS RECURRENTES.....	48
8.9.3	OTROS COSTOS	49

8.10	INGRESOS	49
9	CONCLUSIONES	55
10	RECOMENDACIONES	57
11	BIBLIOGRAFÍA	59
12	ANEXOS	61
12.1	ANEXO 1. OPCION ALTERNATIVA PARA DISEÑO DE LA RED	61
12.2	ANEXO 2. FORMATO DE ENCUESTA REALIZADA.....	64
12.3	ANEXO 3. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZAS EN LA MONTAÑA SOLAR	66
12.4	ANEXO 4. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA EN EL CENTRO SOLAR	67
12.5	ANEXO 5. PROPUESTA DE PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET	68
12.6	ANEXO 6. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER PERMISO DE RADIOTRASMISION DE DATOS	70
12.7	ANEXO 7. FORMATO DE REGISTRO DE RADIOTRAYECTOS PUNTO A PUNTO DE SISTEMAS DE ACCESO INALAMBRICO EN LAS BANDAS DE 2.4 GHZ, 5 GHZ.....	71
12.8	ANEXO 8. CUADRO DE DERECHOS Y TASAS DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sitios de interés identificados	7
Tabla 2. Frecuencia de 2.4 GHz	8
Tabla 3. Frecuencia de 5.8 GHz	9
Tabla 4. Tecnología WiFi	13
Tabla 5. Tecnología WiMAX	16
Tabla 6. Tecnología VSAT	18
Tabla 7. Comparativa para elección de tecnología a utilizar	18
Tabla 8. Especificación de equipos para enlace inalámbrico punto a punto de mediana distancia.	20
Tabla 9. Especificación de equipos para enlace inalámbrico punto a punto de corta distancia. ..	20
Tabla 10. Especificación de equipos para puntos de acceso que irradiaran la señal en los sitios de la comunidad.	21
Tabla 11. Especificación de los equipos de distribución de la señal en sitios seleccionados.....	21
Tabla 12. Especificación de los equipos de protección contra descargas eléctricas.	21
Tabla 13. Scala “S”.	28
Tabla 14. Coordenadas del Cerro Quisuca – Montaña Solar.....	31
Tabla 15. Coordenadas de Montaña Solar – Centro Solar.....	36
Tabla 16. Propuestas de valor	42
Tabla 17. Actividades claves	44
Tabla 18. Recursos claves.....	45
Tabla 19. Costos no recurrentes.....	47
Tabla 20. Costos recurrentes.....	48
Tabla 21. Gastos de viaje	49
Tabla 22. Flujos de Ingresos.....	50
Tabla 23. Coordenadas de Cerro Quisuca – Tanque de agua MS	61
Tabla 24. Coordenadas de Tanque de agua MS – Centro Solar	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Centro Solar con antena a 60 mts de altura	29
Figura 2. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Centro Solar con antena a 90 mts de altura	30
Figura 3. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar	32
Figura 4. Perfil de propagacion (Zonas de Fresnel) de enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar	33
Figura 5. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar	34
Figura 6. Enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar _ Google Earth.....	34
Figura 7. Enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar _ Google Earth.....	35
Figura 8. Enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar _ Google Earth.....	35
Figura 9. Patrón de radiación del Cerro Quisuca – Montaña Solar_ Google Earth	36
Figura 10. Perfil de propagación de enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar	37
Figura 11. Perfil de propagacion (Zonas de Fresnel) de enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar	37
Figura 12. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar	38
Figura 13. Enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth.....	38
Figura 14. Enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth.....	39
Figura 15. Enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth.....	39
Figura 16. Patrón de radiación de Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth	40
Figura 17. Gastos semanales que realizan las familias para obtener acceso al servicio de internet	51
Figura 18. Tipo de plan de servicio que prefiere la comunidad	52
Figura 19. Ofertas de pago por modalidad mensual y temporal.....	53
Figura 20. Modelo de negocio Canvas	54
Figura 21. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Tanque de agua MS.....	61
Figura 22. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Cerro Quisuca – Tanque de agua MS	62
Figura 23. Perfil de propagación de enlace de radio Tanque de agua MS – Centro Solar.....	62
Figura 24. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Tanque de agua MS – Centro Solar	63



1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico se ha convertido a través de los años en pieza fundamental de la evolución y prosperidad de la humanidad. Como motor del conocimiento e indagación, nos ha permitido resolver situaciones que impiden el avance de una sociedad en la que convergen más de un área del conocimiento, exigiéndonos así soluciones integrales, amigables con el medio ambiente y económicamente accesibles. En particular, las telecomunicaciones, por su ubicuidad, son un excelente ejemplo de lo antes descrito.

En el contexto nicaragüense, las telecomunicaciones han experimentado un gran auge; surgiendo entre la población el interés de poseer acceso a medios de comunicación, generalmente inalámbricos, que permitan interactuar de manera rápida y diversa a través de los distintos servicios (p. ej. telefonía fija, telefonía móvil, internet y tv por cable). El número de personas con acceso a internet en el 2006 comparado con el 2013, solo en el país, ha incrementado en un 9.32%. Sin embargo las zonas rurales que representan mercados muy pequeños y no interesantes desde el punto de vista comercial para los operadores, son siempre los que sufren de no gozar de este beneficio, y esto es común en todas partes del mundo [1].

Este proyecto pretende beneficiar a la comunidad de Sabana Grande, ubicada en el departamento de Madriz, en la Micro región N° 2, del municipio de Totogalpa, a 216 km de Managua; comprendida en lo que se denomina una zona seca, el tipo de clima está clasificado en la categoría de sabana tropical de altura, se caracteriza por ser húmedo en las partes altas y montañoso y seco en las partes bajas. La temperatura oscila entre los 23 y 24° C. La precipitación pluvial oscila entre los 800 y 1,000mm. Aproximadamente cuenta con una población de 2600 habitantes entre Sabana Grande y sus dos pico regiones (La Palmera y El Fraile) [2].

Es importante mencionar que esta comunidad ha sido beneficiada mediante un sinnúmero de proyectos que se han impulsado desde la Universidad Nacional de



Ingeniería; específicamente por el Programa de Fuentes Alternas de Energía, en el cual la profesora y coordinadora Susan Kinne ha tenido, junto con sus colaboradores nacionales e internacionales, un impacto en la misma. Convirtiéndose en hogar del Grupo Fénix, organización centrada en tecnologías de energía renovable, y en cómo éstas se podrían utilizar para potenciar y enriquecer las comunidades pobres en zonas rurales de Nicaragua. La misión de ellos es contribuir al bienestar de las comunidades rurales, ofreciendo alternativas a las prácticas ambientales dañinas, creando una conciencia de estilos de vida sostenibles mediante el intercambio técnico y cultural, la promoción y la investigación en el campo de las tecnologías de energía renovable. De donde también han surgido grupos como: “Las Mujeres Solares de Totogalpa”, “El Centro Solar” y “La Montaña Solar” [3].

Sin embargo, a la fecha esa zona no goza de acceso a internet, por tal motivo la presente tesis tiene como propósito mostrar un diseño de red de internet capaz de ser estable, tomando en cuenta los costos más accesibles en referencia a la tecnología a emplearse y obtener una factibilidad que sea lo suficientemente asequible. Pudiendo aproximar los servicios de comunicación por datos y al mismo tiempo aprovechar el uso de la tecnología solar existente en estas comunidades. Estas son iniciativas de condiciones para esta comunidad, de parte de la UNI¹ y la Universidad de Villanova (USA), con el fin de que ellos puedan obtener mayor información y desarrollarse mejor como comunidad



2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- DISEÑAR UNA RED DE SERVICIO DE INTERNET PARA LA COMUNIDAD DE SABANA GRANDE, DEPARTAMENTO DE MADRIZ.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- DIAGNOSTICAR MEDIANTE VISITAS DE CAMPO EL ESTADO SITUACIONAL DE LA COMUNIDAD DE SABANA GRANDE PARA OPTAR A ESTE TIPO DE SERVICIO.
- DETERMINAR LA TECNOLOGIA MAS ADECUADA PARA EL DISEÑO DE LA RED; BASADO EN CRITERIOS TÉCNICOS, ECONOMICOS Y REGULATORIOS
- EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA RED PROPUESTA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE ESPECIALIZADOS.
- ESTIMAR EL COSTO BÁSICO DE LA RED MEDIANTE COTIZACIÓN DE PRECIOS EN EL MERCADO MAS VIABLE (NACIONAL O INTERNACIONAL)



3 JUSTIFICACIÓN

Las zonas rurales de cualquier país son las últimas beneficiadas con los servicios básicos, tales como electricidad, agua potable y telecomunicaciones (p.ej. Acceso a internet). En países en vía de desarrollo, como Nicaragua, esto se acrecienta más debido a la carencia de acceso terrestre a dichas comunidades y que representan mercados demasiados pequeños para las empresas que brindan estos servicios.

Por tal motivo en este proyecto nos planteamos el diseño de una red que facilite la penetración de las telecomunicaciones en Sabana Grande, que es una comunidad que ha sido beneficiada con un programa de electrificación solar por parte de la UNI, a través del Grupo Fénix, y universidades extranjeras. El contar con acceso a servicios de internet tendría un impacto positivo en las actividades socioeconómicas, productivas y principalmente en los programas educativos de las comunidades.



4 CAPITULO I – INSPECCIÓN DEL SITIO EN LA COMUNIDAD (SITE SURVEY)

Antes de hacer el diseño de una red es importante hacer visitas en el lugar donde se espera desplegar la tecnología. Esto con el propósito de conocer como es el estado de la forestación, el estado de la topografía, así mismo, conocer un poco sobre el estatus socioeconómico de los posibles beneficiados del proyecto.

En base a esto se realizó la primera visita en mayo del 2014, en la comunidad de Sabana Grande en busca de un ISP². Para lograr llevar el servicio hasta la comunidad. Visitando el pueblo de Totogalpa, por ser el más cercano a esta, únicamente se encontró un ciber, que pertenece a la alcaldía municipal. Siendo descartada esta alternativa por no haber condiciones seguras para establecer un servicio adecuado.

Posteriormente, se visitó la ciudad de Somoto ya que posee un mayor despliegue de infraestructura y servicio de telecomunicaciones. Fue ahí donde se indagaron mayores detalles sobre los planes de servicio, en las oficinas centrales de la compañía CLARO Somoto. Logrando de esto conocer al Ingeniero Harold Blanco, quien se encarga de las instalaciones de Telecomunicaciones de esas zonas.

Con dicho ingeniero se plantearon los escenarios para llevar el radio enlace microondas a la comunidad:

- a)- Se planteó que la empresa CLARO-Somoto llevara la cobertura de la señal hasta la comunidad de Sabana Grande, lo cual, desde el punto de vista de mercadeo, no les resultaba factible.
- b)- Se planteó la opción de hacer uso de una de sus torres, ubicado en la zona llamada Las Cruces, muy cercano a la comunidad potencialmente beneficiaria. Lamentablemente, debido a políticas de la empresa, esta idea no fue posible de realizarse.



- c)- Se planteó contratar un plan de servicio mensual para una casa particular en la ciudad de Somoto. Amplificar la señal y llevarla hasta la comunidad con la construcción de la infraestructura y los equipos necesarios para ello (antenas, radios, etc.). No fue posible llegar a una conclusión favorecedora por la parte económica. Esto por costos elevados con respecto a la elaboración de repetidores para el desarrollo de este proyecto.
- d)- Otra propuesta fue el contratar el servicio de internet directamente en la oficina del Ing. Blanco y desde ahí transmitir la señal hasta el Centro Solar. Se haría una transmisión por medio de un punto céntrico a Somoto y la comunidad, el cerro llamado Quisuca; permitiendo reducir costos de construcción de estaciones bases (infraestructura de Tx/Rx), dicho lugar ya es utilizado por las empresas telefónicas, de TV y radio para la retransmisión de información.
- e)- Adquirir el servicio de internet con una de las empresas de Telecomunicaciones desde la infraestructura ubicada en el cerro Quisuca, para direccionar el enlace a la Montaña Solar y posteriormente al Centro Solar.

De acuerdo a las opciones discutidas, particularmente la “d” y la “e”, se realizó una segunda visita en la fecha de octubre del 2014, donde se llevaron a cabo mediciones de campo. Especialmente recolectando los datos de todas las coordenadas de los sitios tomados en cuenta, dentro de estos se plantearon los sitios finales donde se establecerían los AP³ al servicio para la comunidad, considerando de igual manera las escuelas más cercanas al Centro Solar.

Las coordenadas que fueron de interés para simular los radios enlaces, mediante el software Radio Mobile, se estudiaron con el propósito de conocer, si realmente eran viables para llevar el servicio de internet. Son mostradas en la siguiente tabla (la información fue recolectada en diferentes visitas):



Tabla 1. *Sítios de interés identificados*

Lugares	Latitud	Longitud
Ciber Alcaldía Totogalpa	13°33'48.24"N	86°29'40.01"W
BTS Claro Las Cruces	13°30'48.33"N	86°29'50.77"W
Oficina Ing. Blanco/Somoto	13°28'33.76"N	86°34'52.24"W
Cerro Quisuca	13°30'38.2"N	86°31'53.7"W
Montaña Solar	13°31'35.9"N	86°28'47.03"W
Centro Solar	13°31'40.32"N	86°29'29.42"W
Tanque de agua MS	13°31'38.6"N	86°28'39.7"W
Escuela San Miguel Arcángel	13°32'2.74"N	86°29'10.85"W
Escuela Divino Niño Jesús (Las Palmas)	13°31'20.19"N	86°28'45.37"W

Estas coordenadas se tomaron con ayuda de las aplicaciones GPS Test [4] y GPS Status [5] desde smartphones.



5 CAPITULO II - REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Una vez levantadas las coordenadas se comenzó a hacer la selección de la banda de frecuencia en la cual operar. Por motivos de sostenibilidad se decidió optar por las bandas libres, encontrando las dos bandas disponibles de 2.4 GHz y 5.8 GHz.

5.1 BANDA DE FRECUENCIA

Debido a cierta investigación que se tomó en cuenta sobre el dilema entre las frecuencias 2.4GHz y 5.8GHz no existe una mejor banda para todos los escenarios. La elección entre usar cualquiera de las dos bandas mencionadas anteriormente depende de varios factores, entre los cuales se encuentran: tipo de enlace inalámbrico (PtP⁴ y PtMP⁵), interferencia, distancia, LOS⁶ etc.

Tabla 2. Frecuencia de 2.4 GHz

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Una mejor tolerancia a obstáculos, como árboles u otros obstáculos inferiores. -Es más compatible con dispositivos WiFi⁷, como: smartphones, computadoras portátiles y cámaras IP inalámbricas. (Esto sólo constituye una ventaja si se desea dar acceso a esta clase de dispositivos, en caso contrario no será una ventaja). -No requiere licencia especial para su uso en la mayoría de los países. 	<ul style="list-style-type: none"> -Sólo hay tres canales no sobre puestos -Es una banda congestionada; hay mucha interferencia que proviene desde teléfonos inalámbricos, enrutadores WiFi hogareños, otros ISP, microondas, etc. -Abarca una mayor zona de Fresnel.

⁴ Point-to-Point – Punto a Punto

⁵ Point-to-Multipoint – Punto a Multipunto

⁶ Line Of Sight – Línea de vista

⁷ Wireless Fidelity – Fidelidad Inalámbrica

Tabla 3. Frecuencia de 5.8 GHz

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Existen antenas de mayor ganancia a igual precio o cercano a las usadas en 2.4 GHz. -Tiene una menor zona de Fresnel. -Habitualmente, hay mucho menos interferencia proveniente desde otras fuentes. -La banda de 5GHz fue liberalizada con posterioridad a la de 2,4GHz y aparecieron normas que hacen uso de ella; la 802.11a y, recientemente, la 802.11n. 	<ul style="list-style-type: none"> -Es más intolerante a obstáculos, como árboles o muros, en comparación con la banda 2.4 GHz.

Normalmente, la banda 5.8 GHz es utilizada para enlaces backhaul o principales (punto a punto). Un ejemplo de red de retorno, lo constituye un radioenlace que conecta una estación base transceptora con el núcleo o backbone, en una red de móviles, ya que ofrece un espectro menos congestionado y al ser combinado con antenas de alta direccionalidad ofrece una mejor inmunidad frente a fuentes externas de interferencia. Por otro lado, en algunos casos de línea de vista parcial o restricciones gubernamentales o federales, los dispositivos en 2.4GHz (con un ancho de canal reducido, por ejemplo: 5MHz o 10MHz) son utilizados para enlaces punto a punto.

Para redes punto a multipunto se suele utilizar la banda 2.4GHz. Sin embargo, desde hace ya un tiempo se ha observado una migración hacia la banda 5.8GHz, debido a la saturación del espectro en 2.4GHz [6].



Finalmente en este trabajo se espera explotar las bondades de ambas bandas. Utilizando la banda de 5.8 GHz para los dos enlaces punto a punto, ya que gracias a la información obtenida de las visitas de campo, existen muchos enlaces trabajando en la zona de interés en la frecuencia de 2.4 GHz. Lo que implicaría que cualquier señal transmitida en esa banda de operación se vea fácilmente interferida por otra señal, ocasionada por operadores primarios y/o secundarios. Se utilizara la banda de 2.4 GHz para desplegar la señal a los usuarios finales desde los puntos de acceso.

5.2 TECNOLOGÍA

Después de haber decidido que se trabajará con ambas frecuencias para este proyecto se buscó una solución tecnológica que permita aplicarse de manera sostenible en este entorno rural de nuestro país en desarrollo:

- Tiene que ser robusta y sencilla de usar, ya que los usuarios van a ser poco cualificados y no van a contar con el apoyo constante de asesores preparados.
- Tiene que requerir poco o ningún mantenimiento de técnicos especializados, ya que éstos van a estar lejos y va a resultar caro y difícil traerlos para la resolución de los problemas. Con más razón debe ser mínima la necesidad de administración de las redes, ya que ésta genera costes fijos considerables.
- Debe ser de bajo consumo, ya que frecuentemente tendrá que depender de instalaciones de energías fotovoltaicas que encarecen las instalaciones y aumentan las necesidades y costes de mantenimiento.
- Debe tener costes de despliegue (implementación, instalación, mantenimiento) y de operación muy bajos.



Como se ha descrito anteriormente, en el país, es frecuente que zonas rurales de gran extensión carezcan por completo de infraestructuras de telecomunicaciones, lo cual supone un obstáculo para el desarrollo y la calidad de vida de las personas. El alto coste de las alternativas tecnológicas convencionales, las dificultades del entorno tales como la ausencia de servicios de energía eléctrica, las dificultades de acceso o la falta de seguridad física de las instalaciones en lugares deshabitados suponen grandes condicionantes para estas tecnologías. Por lo tanto, resulta necesario el planteamiento de alternativas tecnológicas que tengan en cuenta estos requerimientos. Se planteó detallar distintas tecnologías propuestas para la instalación de redes de telecomunicaciones en este contexto. Todas ellas son inalámbricas, ya que dadas las características mencionadas anteriormente, una red cableada sería muy costosa de instalar y mantener.

5.2.1 WiFi

La familia de estándares IEEE⁸ 802.11 (802.11a, 802.11b, 802.11g 802.11n), más conocida como WiFi, tiene asignadas las bandas ISM⁹, 902-928 MHz, 2.400-2.483 GHz, 5.725-5.850 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con objeto de lograr WLAN¹⁰.

WiFi comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo difiere en la especificación de la capa física, utilizando señales radio en lugar de cable y en su capa MAC¹¹, ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CSMA/CD¹², mientras que WiFi usa CSMA/CA¹³. El gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps para 802.11b, hasta 54Mbps para 802.11a/g y hasta 300Mbps para 802.11n) a un precio reducido, lo presenta como una de las mejores opciones para

⁸ Institute of Electrical and Electronics – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

⁹ Industrial, Scientific and Medical – Industrial, Científica y Médica

¹⁰ Wireless Local Area Network – Redes de Área Local Inalámbricas

¹¹ Media Access Control – Control de Acceso al Medio

¹² Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection – Acceso Múltiple con Escucha de portadora y detección de Colisiones

¹³ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – Acceso Múltiple por Detección de Portadora y Prevención de Colisiones



la transmisión de datos y redes de telefonía empleando VoIP¹⁴. No obstante, pueden ser utilizadas (bajo ciertas restricciones legales de potencia) en exteriores, si se introducen antenas externas, amplificadores adecuados, etc. Las regulaciones vigentes en Hispanoamérica permiten establecer enlaces de decenas de kilómetros a potencias muy bajas, con un ancho de banda mucho mayor que otras soluciones tecnológicas, lo que abre el camino a servicios como aplicaciones de tiempo real. Como la comunicación punto a punto sólo puede darse entre estaciones con perfecta línea de vista, en muchos contextos, no suelen lograrse alcances mayores de unos 40Km. No obstante, pueden salvarse obstáculos con el uso de emplazamientos aislados intermedios o las propias estaciones cliente utilizadas como repetidores, para interconectar dos estaciones que se encuentren a una mayor distancia.

¹⁴ Voice over Internet Protocol – Voz sobre un protocolo de internet



Tabla 4. Tecnología WiFi

Ventajas	Desventajas
<p>-Uso de frecuencias sin licencia de las bandas ISM 2.4 / 5.8 GHz con ciertas limitaciones de potencia.</p> <p>-Velocidades desde 1 hasta 300 Mbps, siempre teniendo en cuenta que el throughput (volumen de trabajo o de información neto que fluye a través de un sistema) neto obtenido está alrededor de un 50-70% de esos valores.</p> <p>-Tecnología con estándar ampliamente conocido y fácil de configurar, lo que favorece los bajos costes de los equipos.</p> <p>-Bajo consumo de potencia, menor a 10 W por enrutador.</p> <p>-Flexibilidad: un nodo puede adherirse a la red si puede ver a uno de los nodos vecinos (las zonas rurales aisladas normalmente no siguen una distribución geométrica ordenada alrededor de un punto central).</p> <p>-Hardware fácilmente integrable en un sistema impermeable que soporte condiciones meteorológicas adversas.</p>	<p>-Requiere línea de vista directa (esto podría elevar, en algunos casos, el número de repetidores necesarios aumentando demasiado el costo).</p> <p>-Al ser una tecnología creada para redes de corto alcance, hay que solventar ciertos problemas relacionados con su utilización para distancias de decenas de Km.</p> <p>-El número de colisiones aumenta en relación con el número de usuarios.</p> <p>-Tiene un número limitado de canales no interferentes, 3 en 2.4 GHz y 8 en 5.8 GHz.</p>

5.2.2 WiMAX

IEEE 802.16, más conocido como WiMAX¹⁵, es el fruto del trabajo realizado entre 2002 y 2005 en el IEEE para la definición de nuevas propuestas tecnológicas que permiten cubrir las lagunas de las redes inalámbricas de banda ancha.



Es decir, posibilitar redes inalámbricas de altas prestaciones en áreas metropolitanas sin línea de vista, viabilizar la distribución de conectividad por medios inalámbricos a distancias del orden de decenas de kilómetros en zonas semiurbanas y rurales, y soportar QoS¹⁶ y usuarios con requerimientos de servicio heterogéneos.

La arquitectura de WiMAX está basada en una plataforma ALL-IP (todo IP), o sea la conmutación de paquetes está presente en toda la arquitectura de extremo a extremo de la red (end-to-end) con esto se deja de lado la conmutación de circuitos como era tradicional en las redes de telefonía.

- Variantes del estándar IEEE 802.16

En el año 2003 se definió la variante 802.16a con coberturas "Near-LOS" (Line of Sight) y NLOS (Non LOS), para frecuencias entre 2 y 11 GHz (con y sin licencia)

El estándar IEEE 802.16d plantea dos rangos de frecuencia de funcionamiento de los equipos. Por un lado, las bandas licenciadas de 10 a 66 GHz proporcionan un entorno físico en el que, debido a la reducida longitud de onda, es imprescindible disponer de línea de vista. Se prevé su uso para proporcionar acceso en pequeñas oficinas y casas. Por otro lado, las bandas por debajo de los 11 GHz proporcionan un entorno físico en el que no es imprescindible disponer de línea de vista. El estándar proporciona soporte para escenarios con y sin línea de vista en dicha frecuencia. Se prevé su uso para proporcionar acceso en entornos metropolitanos así como en enlaces a gran distancia. De esta forma los proveedores de servicios podrán utilizar equipos que sigan este estándar (equipos WiMAX) para ofrecer acceso de banda ancha a redes IP con capacidades de hasta 120 Mbps a los abonados privados sin necesidad de llevar la red cableada hasta cada emplazamiento final.

IEEE 802.16-2004 se diseñó, al igual que el IEEE 802.11, de forma tal que su apariencia e interacción para con las capas superiores fuera la misma que la que presenta Ethernet; también al igual que toda la familia 802, define la capa física y la MAC. Por otra parte, su funcionamiento es similar al de una red GSM¹⁷, en la

¹⁶ Quality of Service – Calidad de servicio

¹⁷ Global System for Mobile communication – Sistema global para comunicaciones móviles



que una malla de estaciones base permite el acceso a múltiples usuarios, pudiendo manejar múltiples sectores independientes de forma simultánea. Todas las comunicaciones tienen que pasar por una estación base, siendo imposible la comunicación directa entre dos estaciones suscriptoras. WiMAX es orientado a conexión, por lo que las estaciones suscriptoras deben solicitar servicio a la misma. Cuando la estación base recibe una solicitud de incorporación de una nueva estación suscriptora calcula si es posible garantizarle un servicio mínimo manteniendo los compromisos con otras estaciones suscriptoras. Sólo en el caso de cumplir ambas condiciones se le concede el acceso, de forma que la estación base puede garantizar el servicio comprometido con todas las estación suscriptora (throughput mínimo, retardo máximo etc.).

- Bandas sin licencia

En la mayoría de los mercados, el espectro que no requiere licencia y que puede emplearse en WiMAX es 2.4 GHz y 5.8 GHz. Debido a que el espectro no requiere licencia, la barrera para ingresar es baja, por lo que hace más fácil que un posible operador comience a ofrecer servicios empleando este espectro. Hay cuatro desventajas principales relacionadas con el uso de este espectro que no requiere licencia: Interferencias, mayor competencia, potencia limitada, falta de disponibilidad.

- Bandas con licencia

El espectro que requiere licencia se encuentra en las bandas de frecuencia de 700 MHz, 2.3 GHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz. El espectro que requiere licencia tiene un precio potencialmente alto pero bien lo vale, ya que es para una alta calidad de servicio. La mayor ventaja de tener un espectro que requiere licencia, es que tendrás un uso exclusivo del espectro. Está protegido de las interferencias externas, mientras que los competidores solo pueden ingresar si también poseen o tienen una licencia del espectro.

Tabla 5. Tecnología WIMAX

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Fue creado y diseñado como estándar para redes metropolitanas exteriores desde su concepción. -Su rango normal de operación se encuentra entre los 7 y los 10 Km, pero puede llegar hasta 50 Km sin modificaciones. -No sufre el problema del nodo oculto, ni aumentan las colisiones con el número de usuarios, ya que la estación base va asignando slots a cada estación, evitando así las colisiones que conllevan una importante pérdida de paquetes. -No necesita línea de vista para realizar un enlace. -Utiliza antenas inteligentes las cuales optimizan su patrón de radiación automáticamente en función de la demanda. -En una red WiMAX se puede proporcionar QoS, lo cual es muy importante para algunas aplicaciones y para la gestión de las redes en general. - Soporta varios tipos de topologías. -Bandas de frecuencias licenciadas y no licenciadas. -Velocidad de datos típicos de 75Mbps -Soporta diferentes servicios como: Acceso a internet, redes móviles celulares, telefonía fija, transferencia de archivos multimedia -Flexibilidad para implementación como: Cobertura y capacidad de radio para sectores densos o levemente poblados para ambientes urbanos, suburbanos y rurales 	<ul style="list-style-type: none"> -Los costes de las instalaciones están fuera del alcance de muchos entornos rurales (entre los 10,000 y los 30,000 USD por estación base), sin contar las antenas, las torres, etc. -Necesitan un gran subsistema eléctrico para funcionar, muy costoso en zonas donde apenas hay energía eléctrica del orden de 1,500 W en cada estación base. -Es poco probable que se pueda hacer un despliegue móvil en bandas no licenciadas, debido al escaso control que se pueden tener sobre la banda y las interferencias que le afectarían.



5.2.3 CONEXION SATELITAL (VSAT)

El mercado de las telecomunicaciones satelitales bidireccionales de voz y datos está prácticamente rodeado en Hispanoamérica por una única tecnología VSAT¹⁸. Las redes VSAT son redes de comunicación de datos vía satélite para el intercambio de información punto-punto, o punto-multipunto (broadcast o interactiva).

El componente principal de este sistema es el hub o concentrador, que es la estación central terrestre de la red. Éste permite realizar la comunicación entre dos terminales VSAT, es decir, que todo intercambio de información tiene que pasar por el hub. Esta estructura de red logra que las estaciones terminales sean simples, baratas y fáciles de instalar. Las antenas usadas tienen menor diámetro (menores de 2.4 m, típicamente 1.3 m) y los sistemas un bajo consumo de energía. Con esta tecnología se consiguen diseñar redes muy densas con altas velocidades de transmisión si hay pocos usuarios conectados simultáneamente, permitiendo la transferencia de voz, datos y vídeo. Normalmente se contratan enlaces asimétricos, con mayor capacidad en el enlace de bajada para el usuario. Últimamente, muchos sistemas VSAT están utilizando el protocolo DVB – RCS¹⁹ como plataforma de soporte para el acceso bidireccional a Internet en emplazamientos aislados, con lo cual se consigue un mayor ancho de banda [7].

¹⁸ Very Small Aperture Terminals – Terminales de apertura muy pequeños

¹⁹ Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite – Radiodifusión de Video Digital – Canal de retorno de satélite

Tabla 6. *Tecnología VSAT*

Ventajas	Desventajas
<p>-Gestión centralizada de la red, lo cual simplifica los terminales de usuario.</p> <p>-Servicio independiente de la distancia.</p> <p>-Cobertura global e inmediata.</p> <p>-Fácil y rápida implantación en lugares de difícil acceso.</p> <p>-Los enlaces asimétricos se adaptan a los requerimientos de transferencia de datos entre una estación central que transmite mucha información a estaciones lejanas que responden con poca información (si es que responden).</p> <p>-Del mismo modo, la introducción de un nuevo terminal no afecta significativamente al funcionamiento de los demás.</p> <p>-Se suele diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5% del tiempo y con una BER ²⁰ de 10⁻⁷.</p> <p>Evita las restricciones que impone una red pública en cuanto a costos y puntos de acceso.</p>	<p>-Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos países no son claramente competitivas frente a redes basadas en recursos terrestres.</p> <p>-Este problema puede ser atenuado recurriendo al alquiler del hub. Esto sólo es viable para muchos usuarios, prácticamente de cobertura nacional, por lo que sólo puede ser asumido por una organización con gran capacidad económica.</p> <p>-El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del transpondedor. Si éste pierde la conexión, toda la red pierde la conexión con él. Aun así, el problema no es muy grave si la empresa proveedora del servicio dispone de más de uno (cambio de frecuencia de uso de los terminales). En caso de perder la conexión todo el satélite bastaría con reorientar las antenas a otro satélite.</p> <p>-Como todo sistema basado en satélites, es sensible a interferencias provenientes tanto de la tierra como del espacio.</p>

Tabla 7. *Comparativa para elección de tecnología a utilizar*

TECNOLOGIAS	WiFi	WiMAX	VSAT
BANDAS LIBRES DISPONIBLES	SI	SI	NO
NIVEL DE EFICIENCIA	MEDIA	ALTA	ALTA
ALCANCE DE COBERTURA	MEDIA	EXTENSA	EXTENSA
SOPORTE FRECUENTE	REGULARMENTE	POCO	MUY POCO
DISPONIBILIDAD	99.3%	99.9%	99.5%
ALTO COSTO	NO	SI	SI
DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN EL MERCADO NACIONAL	SI	MUY POCO	NO



Haciendo mayor énfasis en la tabla comparativa anterior, cada una de las tecnologías tiene ventajas y desventajas. Sin embargo los objetivos del proyecto se inclinan a la balanza económica y disponibilidad de equipos en el mercado nacional, por tales razones se ha decidido trabajar con equipos de tecnología Wi-Fi, por su bajo costo en el mercado y en la implementación de los mismos. Así también, tomando en cuenta las distancias entre los puntos que no superan los 10 km, es notorio que no sería necesario hacer una inversión superior a \$10.000 que muy probablemente costaría la elaboración de un proyecto en esta zona, aun considerando que se perderían valores en QoS; pero las condiciones del terreno permitirían una operación suficientemente estable, por lo tanto, se considera que es una opción bastante viable.

5.3 EQUIPOS A UTILIZAR

Una vez elegida la tecnología, se investigó en el mercado los equipos que están disponibles en esas bandas de frecuencia.

En relación con las simulaciones que se mostrarán posteriormente, se realizaron cálculos de las distancias para asegurar la efectividad de estos equipos para el enlace inalámbrico mediante el software Radio Mobile, también hay varias aplicaciones y sitios web muy funcionales para realizar esto [8].

Tabla 8. Especificación de equipos para enlace inalámbrico punto a punto de mediana distancia [9].


Equipos	Cantidad	Enlaces PtP	Imágenes
ROCKET M5 RD-5G30	2 2	<ul style="list-style-type: none"> Cerro Quisuca –Montaña Solar 	
CARACTERISTICAS			
Banda de Frecuencia	5.17 – 5.8 GHz		
Ganancia de la Antena	26 - 30 dBi		
Plato Reflector	304 mm		
Throughput	150+ Mbps		
Rango de alcance	< 30 + km		
Tasa de transmisión o Ancho de banda	6 - 24 Mbps		
Potencia requerida	8W		
Potencia de transmisión en dBm	27 dBm		
Sensibilidad de recepción en dBm	-94 dBm		
Distancia del enlace	5.88 Km		

Tabla 9. Especificación de equipos para enlace inalámbrico punto a punto de corta distancia [10].


Equipos	Cantidad	Enlaces PtP	Imágenes
PBE-M5-300	2	<ul style="list-style-type: none"> Montaña Solar - Centro Solar 	
CARACTERISTICAS			
Banda de Frecuencia	5.8 GHz		
Ganancia de la Antena	22 dBi		
Plato Reflector	300 mm		
Throughput	150+ Mbps		
Rango de alcance	< 15+ km		
Tasa de transmisión o Ancho de banda	6 - 24 Mbps		
Potencia requerida	6W		
Potencia de transmisión en dBm	26 dBm		
Sensibilidad de recepción en dBm	-94 dBm		
Distancia del enlace	1.28 Km		

Tabla 10. Especificación de equipos para puntos de acceso que irradiarán la señal en los sitios de la comunidad [11]


Equipos	Cantidad	Irradiación de la señal	Imágenes
AP-Outdoor+	2	<ul style="list-style-type: none"> Punto de distribución de Montaña Solar Punto de distribución de Centro Solar 	
CARACTERISTICAS			
Banda de Frecuencia		2.4 GHz	
Velocidad de transmisión		300 Mbps	
Estándares WiFi		802.11 b/g/n	
Rango de alcance		183 m (600 ft)	
Clientes Simultáneos		100+	
Potencia requerida		8W	
Potencia de transmisión en dBm		28 dBm	

Tabla 11. Especificación de los equipos de distribución de la señal en sitios seleccionados [12].


Equipos	Cantidad	Distribución de la señal	Imágenes
RPoe-5	2	<ul style="list-style-type: none"> Punto de distribución de Montaña Solar Punto de distribución de Centro Solar 	

Tabla 12. Especificación de los equipos de protección contra descargas eléctricas [13].

Equipos	Cantidad	Enlaces	Imágenes
ETH-SP	4	<ul style="list-style-type: none"> Cerro Quisuca – Montaña Solar Montaña Solar – Centro Solar 	



6 CAPITULO III - ASPECTOS REGULATORIOS

Antes de establecer cualquier radio enlace se deben de tomar en cuenta las leyes que están reglamentadas por el ente regulador de nuestro país llamado TELCOR ²¹.

Esto fue tomado en cuenta, de acuerdo a la información facilitada por el Ing. Harold Blanco, basada en su experiencia en proyectos de desarrollo de redes de telecomunicaciones. Posterior a esto se visitaron las oficinas de TELCOR para solicitar mayor información en la oficina llamada Ventanilla Única, con el objetivo de obtener información sobre los requerimientos necesarios para lograr llegar a la etapa de implementación del proyecto.

Dentro de los requisitos para construir una torre y obtener las licencias requeridas para el uso del espectro radioeléctrico para desarrollo de una red de telecomunicaciones se debe pagar cierta cantidad monetaria. La Ing. Jessenia Vado Espinoza, coordinadora de las oficinas de dirección de calidad y monitoreo del espectro radio eléctrico y Lic. Carolina Ruiz, especialista en titulación, proporcionaron los formatos e información referente al registro de radio trayectos punto a punto de acceso de sistemas inalámbricos en las bandas de 900Mhz, 2.4GHZ y 5GHZ. Que se describen con más detalles en los artículos de la presente Ley.

LEY N° 843, LEY QUE REGULA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES QUE HACEN USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

- Objeto de la ley

La presente Ley tiene por objeto regular la ubicación, construcción, instalación, uso, mantenimiento y fiscalización de las estructuras para soportar equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, con el fin de

²¹ Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos



garantizar la expansión ordenada de las redes de telecomunicaciones de tal forma que se resguarden, protejan y tutelen los derechos de la ciudadanía en los sitios donde se ubique este tipo de estructura, procurando además la armonía y el equilibrio del paisaje. Así mismo, tiene por alcance normar los requisitos, plazos, el Ente Regulador y autoridades competentes para otorgar el permiso de ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que utilizan el espectro radioeléctrico [14].

Estos requerimientos legales que se deben considerar cuando se planea implementar una red inalámbrica:

- Licencia del uso del espectro
 - Licencias para Proveedores de Servicio de Internet (ISP) o de Telecomunicaciones
 - Permisos para torres de antenas
 - Límites de potencia de transmisión y ganancia de antenas
 - Certificación de equipos
 - Condiciones de uso del ISP (Internet Service Provider)
-
- Licencia del uso del espectro

La mayor parte de los países considera el espectro de RF ²² como una propiedad del estado. El espectro de RF es un recurso nacional como lo es el agua, la tierra, el gas y los minerales. A diferencia de estos, sin embargo, el espectro de RF es reutilizable. El propósito de la gerencia del espectro es la mitigación de la contaminación del espectro de radio y la optimización de los beneficios del espectro radioeléctrico utilizable.



En la primera frase del reglamento de la UIT²³, se reconocen “los derechos soberanos de cada Estado para regular sus telecomunicaciones”. La gerencia efectiva del espectro requiere de la regulación a nivel nacional, regional y global.

El licenciamiento es una manera organizada de regular quién, cuándo, dónde y cómo se utiliza el recurso del espectro. En la banda de 2.4 GHz se permite el uso de redes inalámbricas sin necesidad de licencia. En junio de 2003 la UIT puso a disposición la banda de 5 GHz para el uso de tecnología exenta de licencia. La banda de 900 MHz, sin licencia en los EEUU, se utiliza en Europa Occidental y en algunos países en desarrollo para teléfonos GSM. Cada país tiene el derecho soberano de regular sus telecomunicaciones y de interpretar las Regulaciones de Radio internacionales. Los gobiernos definen las reglas y las condiciones del uso de la frecuencia.

La mayor parte de las tecnologías aquí descritas usan un segmento del espectro exento de licencia llamado bandas de radio para uso Industrial Científico y Médico (bandas ISM). Las radiofrecuencias en las bandas ISM se han usado para comunicaciones, pero pueden sufrir interferencias provenientes de otros dispositivos que no sean de comunicaciones.

Las bandas ISM están fijadas por el UIT-R (Sector de Radiocomunicaciones de la UIT) a 2.4 y 5 GHz. Sin embargo, cómo usa cada país las bandas asignadas en estas secciones puede diferir debido a las variaciones en las regulaciones nacionales.

Los dispositivos de comunicaciones que usan las bandas ISM deben tolerar cualquier interferencia proveniente bien sea de equipos de comunicaciones o de otra índole. El mecanismo de acceso al medio está diseñado para diferir la comunicación cuando el medio está ocupado.

En los EEUU, la FCC²⁴ autorizó el uso sin licencia de equipos de telecomunicaciones de espectro esparcido en las bandas ISM en un reglamento del 9 de mayo de 1985. Muchos otros países posteriormente adoptaron regulaciones semejantes.

²³ Unión Internacional de Telecomunicaciones

²⁴ Federal Communications Commission – Comisión Federal de Comunicaciones



Licencias para Proveedores de Servicios de Internet (ISP) y de Telecomunicaciones

En algunos países se necesita una licencia de ISP antes de implementar cualquier estructura para compartir redes en zonas públicas. En otros países se necesita sólo para redes de uso comercial.

- Permisos de torres para antenas

Cuando se implementan redes exteriores de largo alcance se hace necesario a menudo construir una torre para la antena. En muchos países se necesitan permisos especiales si estas torres exceden de determinada altura.

- Límites a la potencia de transmisión

Cuando se establecen límites para la potencia de transmisión los entes reguladores usan a menudo la PIRE²⁵, porque esa es la potencia efectivamente irradiada por la antena en su dirección preferente. La potencia de salida de los dispositivos también puede estar sujeta a límites. Para dar un ejemplo, la FCC establece un valor máximo de la potencia de transmisión del radio. Adicionalmente, establece valores máximos de la ganancia de la antena que son diferentes en las instalaciones PtMP de las correspondientes instalaciones PtP.

Cuando se usa una antena omnidireccional la FCC considera automáticamente el enlace como PtMP. En la configuración de un enlace PtMP a 2.4 GHz, la FCC limita la PIRE a 4 vatios y la potencia máxima del elemento radiante intencional a 1 vatio.

Las cosas se complican más en la banda de 5 GHz. La banda de radio U – NII²⁶ es parte del espectro de radiofrecuencia usado por los dispositivos IEEE-802.11a y por muchos ISP inalámbricos. Opera en tres rangos:

- U-NII Baja (U-NII-1): 5.15-5.25 GHz. Las regulaciones estipulan el uso de una antena integrada. La potencia está limitada a 50 mW.

²⁵ Equivalent Isotropically Radiated Power – Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

²⁶ Unlicensed National Information Infrastructure – Infraestructura de Información Nacional sin licencia



•U-NII Media (U-NII-2): 5.25-5.35 GHz. Las regulaciones permiten una antena instalable por el usuario sujeta a DFS²⁷, para evitación interferencia con radar. Potencia limitada a 250 mW.

U-NII Global: 5.47-5.725 GHz. Tanto para el uso interno como el de exteriores sujetos a DFS. Potencia limitada a 250 mW, antena instalable por el usuario. La FCC también permite la banda de 5.72–5.850 GHz con PIRE máxima de 4W.

La FCC tiene en estos momentos una limitación transitoria sobre la operación en las bandas de 5600-5650 MHz.

•U-NII Alta (U-NII-3): 5.725 a 5.825 GHz.

Para PtP en la banda de 5 GHz la máxima PIRE es mayor ya que una antena de ganancia alta produce un haz muy estrecho y por lo tanto la interferencia causada a otros usuarios es mucho menor que en la topología PtMP.

- Certificación de equipos

Los gobiernos en muchos países piden una certificación formal de que un equipo de radio específico cumpla con estándares técnicos determinados y con regulaciones locales. A esto se le llama homologación y el proceso debe hacerlo un laboratorio independiente autorizado por el gobierno del país respectivo.

Los equipos certificados pueden operar sin licencia individual. Cabe hacer notar que la certificación es sólo válida para el estado original de fábrica de los equipos de radio. Por ejemplo, cambiar la antena en un punto de acceso en los EEUU invalida la certificación de la FCC [15].



7 CAPITULO IV - SIMULACIONES

Posteriormente se hizo uso del software Radio Mobile para evaluar diferentes perfiles de propagación. A pesar de que este no es el más completo, es un software libre que nos da una buena aproximación a resultados reales de acuerdo al análisis del terreno y estudio de las condiciones para los radioenlaces. La información obtenida, tal como parámetros ambientales y estadísticos, es analizada con el modelo de propagación Longley-Rice o también llamada Modelo de Terreno Irregular (ITM). Este modelo está diseñado para usarse en frecuencias entre 20MHz y 20GHz, para una amplia variedad de distancias y alturas de antenas, y para aquellos problemas donde el terreno juega un papel importante. Se refiere a la potencia recibida generalmente disponible y no a los detalles finos de la caracterización de canales.

Estos escenarios fueron planteados entre el Ing. Blanco y nuestra persona. Finalmente, se obtuvo dentro de los escenarios evaluados anteriormente en el capítulo I, aquel más viable a ser desarrollado. Siendo el inciso “e”:

Adquirir el servicio de internet con una de las empresas de Telecomunicaciones desde la infraestructura ubicada en el cerro Quisuca, para direccionar el enlace a la Montaña Solar y posteriormente al Centro Solar.

Uno de los motivos que conllevo a tomar esta decisión fue descartar la opción aparentemente más lógica. Esta consistía en establecer un único radioenlace hacia el Centro Solar desde el Cerro Quisuca.

A continuación se puede observar un perfil de radio propagación del escenario antes mencionado. A pesar de que el Centro Solar está más cerca del cerro Quisuca la topografía del lugar no permite establecer un enlace directo entre ambos puntos.

Dentro del análisis de los resultados radio eléctricos de propagación que facilita Radio Mobile se hizo mayor énfasis en los siguientes:



- Azimut con que está orientada la antena.
- Perdidas de espacio libre.
- Distancia del enlace.
- Porcentaje de afectación en zonas de Fresnel para este trayecto.
- Sensibilidad en el sistema receptor, calidad de potencia recibida.
- Alturas de las antenas.
- Frecuencia de operación, para comprobar el efecto de la variación de estos parámetros sobre el enlace.

La fuerza relativa de la señal captada que muestra el software está representada en unidades S (S0 a S9), normalmente el valor máximo S9 equivale a tener 50 microvoltios de recepción, valores superiores a este son representados en decibelios, por lo general medidores S tienen valores hasta 60dB. En el programa se pueden observar lecturas como S0 hasta S9+50, lo cual, para el caso del S0 indica una inactiva recepción de señal, mientras que en la notación S9+50 se indica que la señal está 50 dB por encima de los 50 microvoltios.

Tabla 13. *Escala "S" [16].*

Puntos S	uV (50 Ω)	dBm	dBuV (50 Ω)	Watt
S9	50.2	-73	+ 34	50 pW
S8	25.1	-79	+ 28	12.5 pW
S7	12.6	-85	+ 22	3.16 pW
S6	6.3	-91	+ 16	794 fW
S5	3.2	-97	+ 10	200 fW
S4	1.6	-103	+ 4	50 fW
S3	0.8	-109	- 2	12.6 fW
S2	0.4	-115	- 8	3.16 fW
S1	0.2	-121	- 14	794 aW

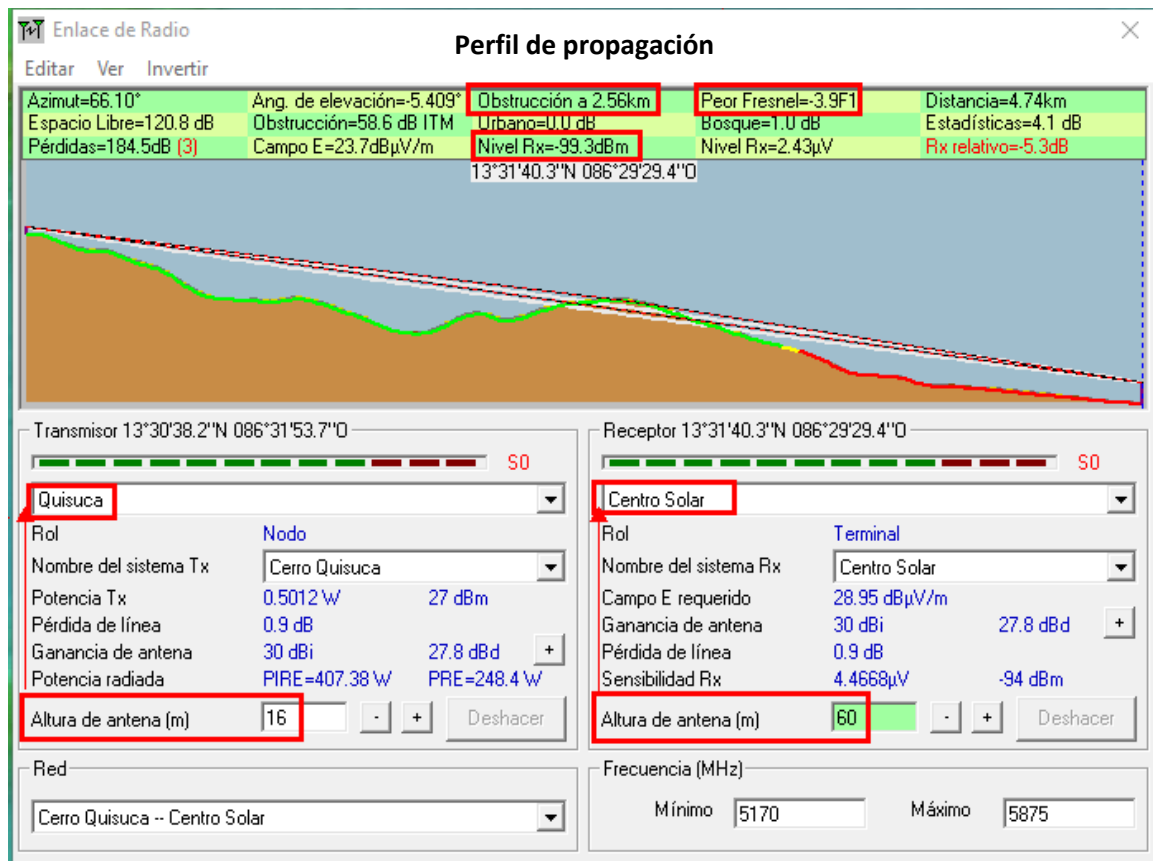


Figura 1. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Centro Solar con antena a 60 mts de altura

El mayor obstáculo de la transmisión está a 2.56 km del punto de origen de la señal transmitida. Es notoria la afectación en gran porcentaje (-390%) en la primera zona de Fresnel, incluso utilizando la altura máxima establecida ante la ley 843 para la construcción de torres de telecomunicación, la cual no puede exceder de 45 metros de altura [16]. Sin embargo, se percibe que no es lo suficientemente elevado para poder recibir una señal que pueda ser considerada óptima desde el Cerro Quisuca. El software otorga libertad de configuración de parámetros, por lo tanto se hizo una prueba más; violando varias normas reglamentarias, y se estableció colocar la antena receptora a 90 metros de altura para lograr la línea de vista deseada. Únicamente es posible configurar el parámetro de altura para la antena receptora, ya que el espacio disponible en la torre del Cerro Quisuca se encuentra limitado dentro de un rango de 15 – 20mts.

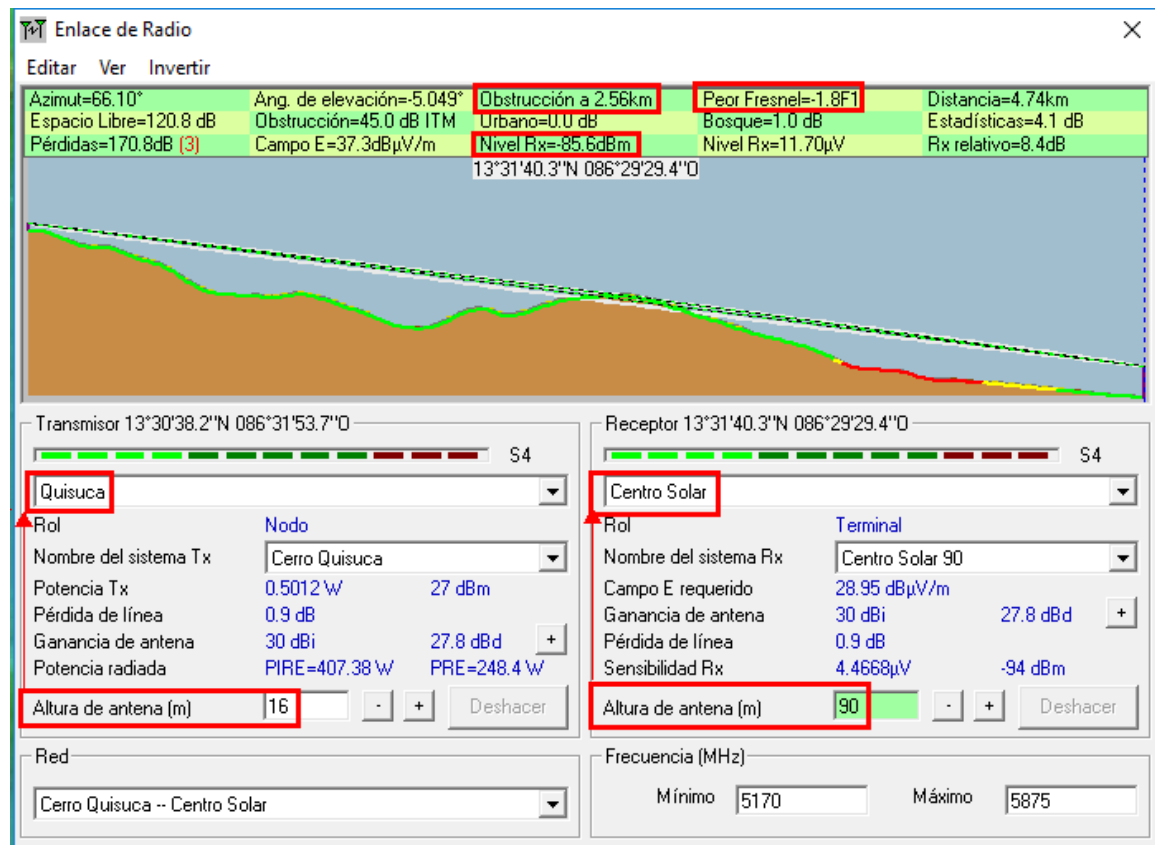


Figura 2. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Centro Solar con antena a 90 mts de altura

Al ser evidente la imposibilidad de un radioenlace directo entre estos dos puntos, debido a que excede los costos de presupuesto e incumple las leyes normadas en nuestro país. Se decidió empezar el radio enlace del Cerro Quisuca a la Montaña Solar. Dentro de los criterios de selección de este estuvieron:

- La accesibilidad económica para la comunidad: Se consideraron factores como rentabilidad de terreno para construcción de infraestructura, seguridad del mismo, cantidad de material para construcción y todo aquello que conlleve una alza presupuestal de gran relevancia.
- Línea de vista entre los sitios: Asegurar una línea de vista suficientemente óptima y robusta entre los radioenlaces. Tomando en cuenta la efectividad de transmisión dentro de las zonas de Fresnel, priorizando un valor igual o superior al 60% dentro de la primera zona.



- Número de saltos: Evitar un gran número de infraestructura civil (energía para los equipos, facilidad de infraestructura para emplazar los equipos).
- Condiciones a las cuales deberá estar expuesto el sistema: clima, ambiente robusto, seguridad, calidad de servicio, esto y entre otras especificaciones con relevancia en el diseño.
- Entorno legal: Disponibilidad de espectro radio eléctrico, permisos de uso de equipos de transmisión/recepción que operen en las bandas de frecuencia seleccionadas, costos mensuales por servicios, no sobrepasar las altura para construcción de torres.

De acuerdo con todos estos factores, que anteriormente fueron indagados y analizados en el proceso de investigación y desarrollo, se concluyó realizar el diseño usando las coordenadas que se muestran a continuación. Para obtener finalmente el perfil de propagación de uno de los enlaces finales:

Tabla 14. *Coordenadas del Cerro Quisuca – Montaña Solar*

Lugares	Latitud	Longitud
Cerro Quisuca	13°30'38.2"N	86°31'53.7"W
Montaña Solar	13°31'35.9"N	86°28'47.03"W

En el punto de la Montaña Solar debe construirse una infraestructura civil de soporte para colocar la antena receptora a 10 metros de altura, que debe cumplir con todos los estándares de construcción requeridos. Este sitio fue elegido por ser el último punto con mayor condición para brindar una primera conectividad efectiva. Se muestran a continuación dos escenarios del enlace de radio, en perspectivas diferentes que otorga el software, y un escenario del patrón de radiación generado por la antena trasmisora en el cerro Quisuca.

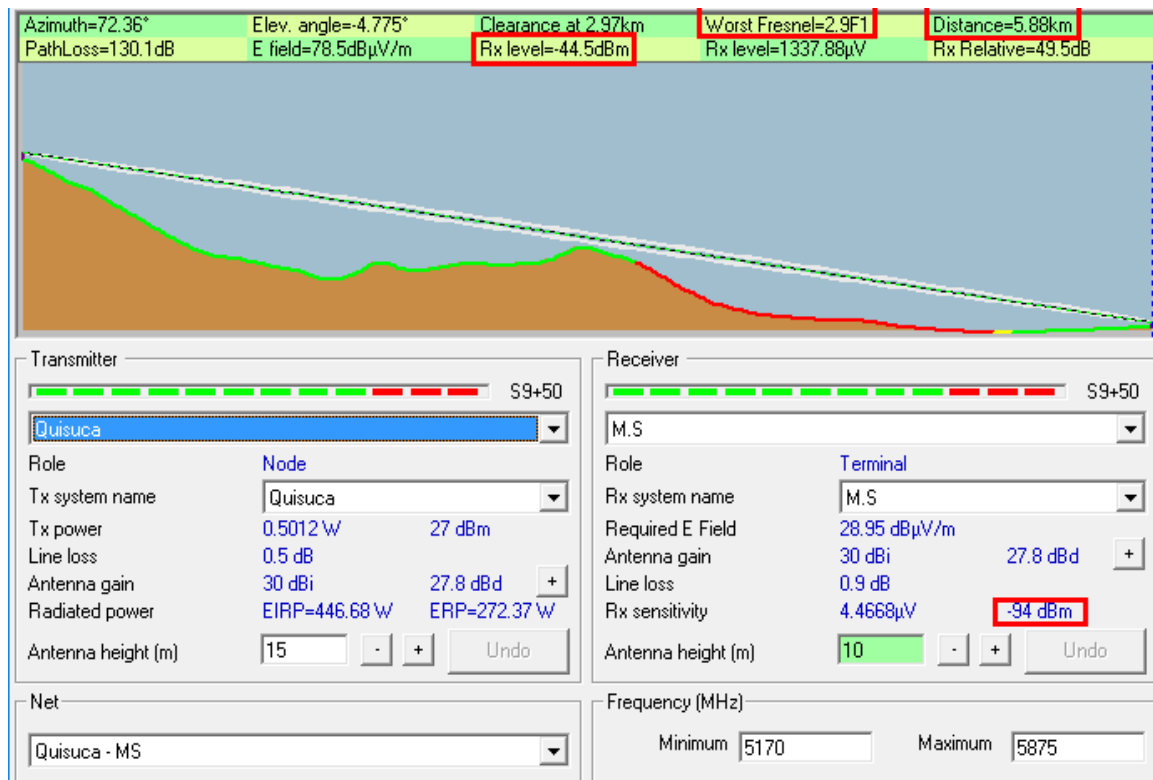


Figura 3. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar

Dentro de los resultados se observan elementos que obtuvieron valores positivos para el primer radio enlace. Tal como, espacio libre de transmisión, que incluye una línea de vista directa entre ambos elementos de la red, dentro de esto se puede caracterizar una primera zona de Fresnel completamente despejada, obteniendo un valor equivalente al 290% en F1. Otro valor muy importante es la receptividad de la señal, que en este caso equivale a tener S9+50, y un nivel de recepción igual a -45dBm contra los -94dBm de la sensibilidad establecida en la antena receptora, que de acuerdo a la teoría el nivel de recepción debe superar el valor de sensibilidad de la antena.

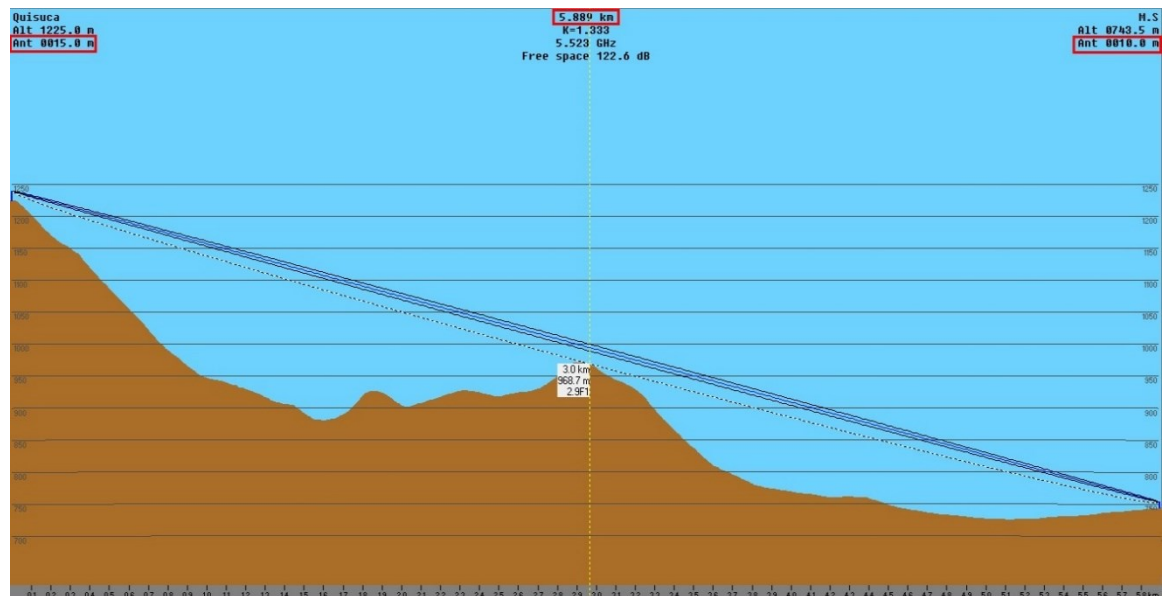


Figura 4. Perfil de propagación (Zonas de Fresnel) de enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar

Este es otra representación que facilita el simulador. En él se pueden observar los efectos de la curvatura de la tierra conocidos como el factor K, que en este caso en particular resulta igual a $4/3$, lo cual indica que la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100%, resultado obtenido exitosamente. El posible obstáculo más significativo se encuentra a 3km del origen de la trayectoria del radio enlace, con una altura de 968.7mts sobre el nivel del mar, esto contra la altura del Cerro Quisuca más la altura de la antena, 1,225mts y 15mts respectivamente. Así también con el punto en la Montaña Solar y la antena receptora de 743.5mts y 10mts respectivamente. Puntos que se encuentran distanciados por una longitud de 5.889km. Logrando establecer una excelente transmisión entre los dos primeros puntos.

A continuación se adjunta el patrón de radiación creado por la antena transmisora. Donde se observa la mayor potencia, en color rojo, otorgando cobertura amplia al punto en la Montaña Solar.

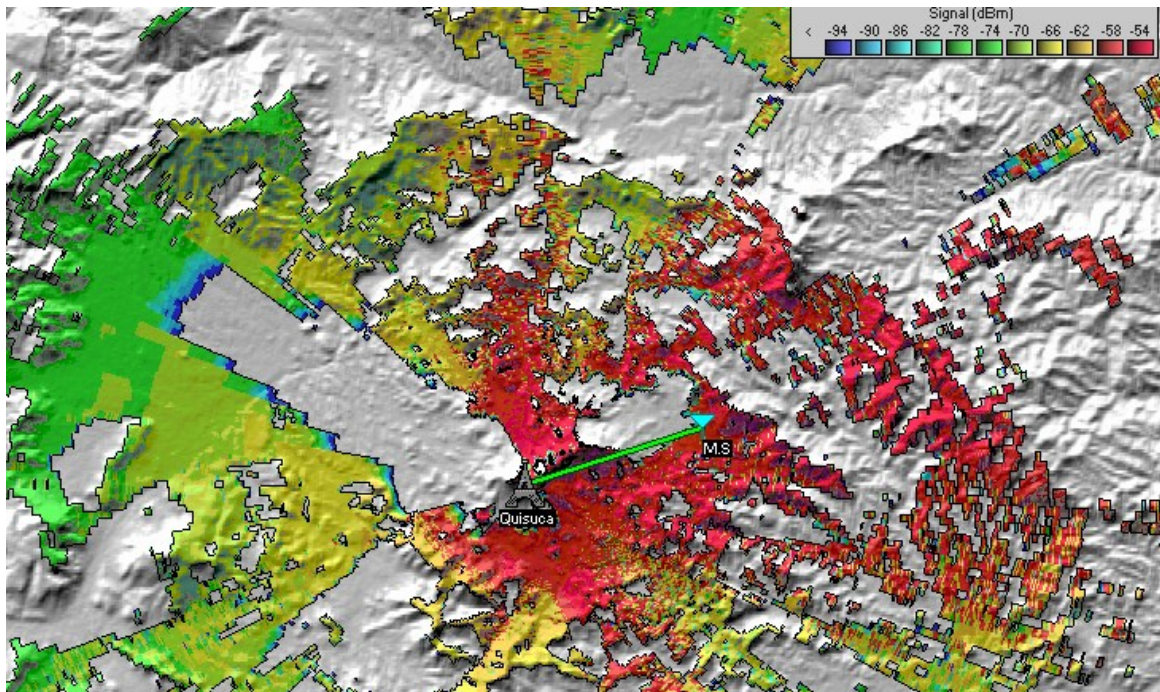


Figura 5. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar

Gracias a que Radio Mobile posee vínculo con el software Google Earth, se pudieron hacer capturas de las gráficas del radio enlace más acertivas.

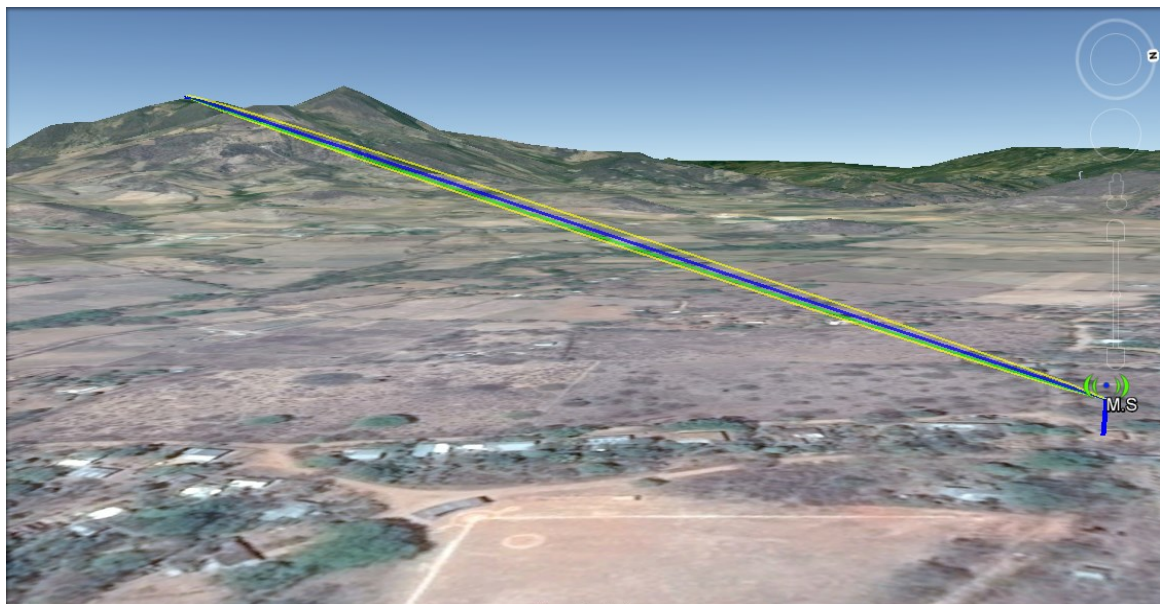


Figura 6. Enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar _ Google Earth

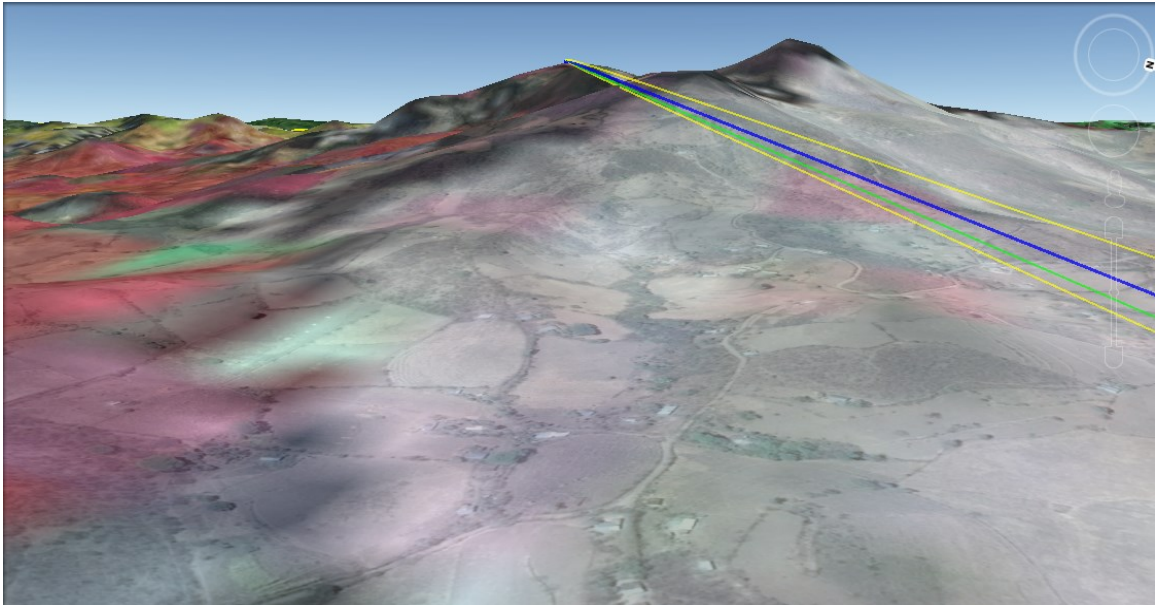


Figura 7. Enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar _ Google Earth

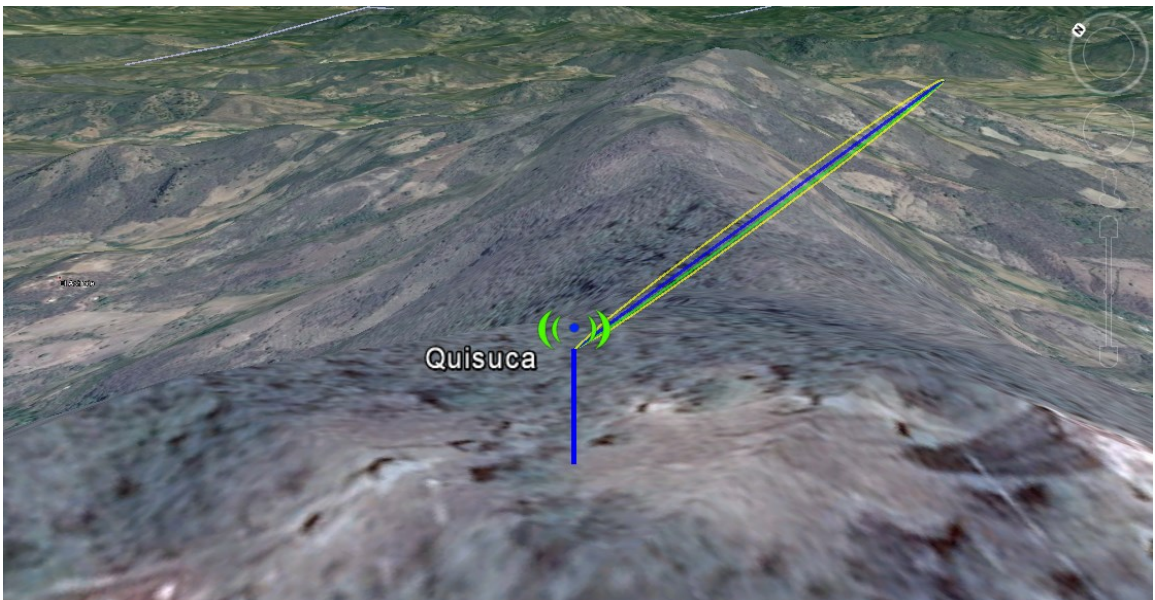


Figura 8. Enlace de radio Cerro Quisuca – Montaña Solar _ Google Earth

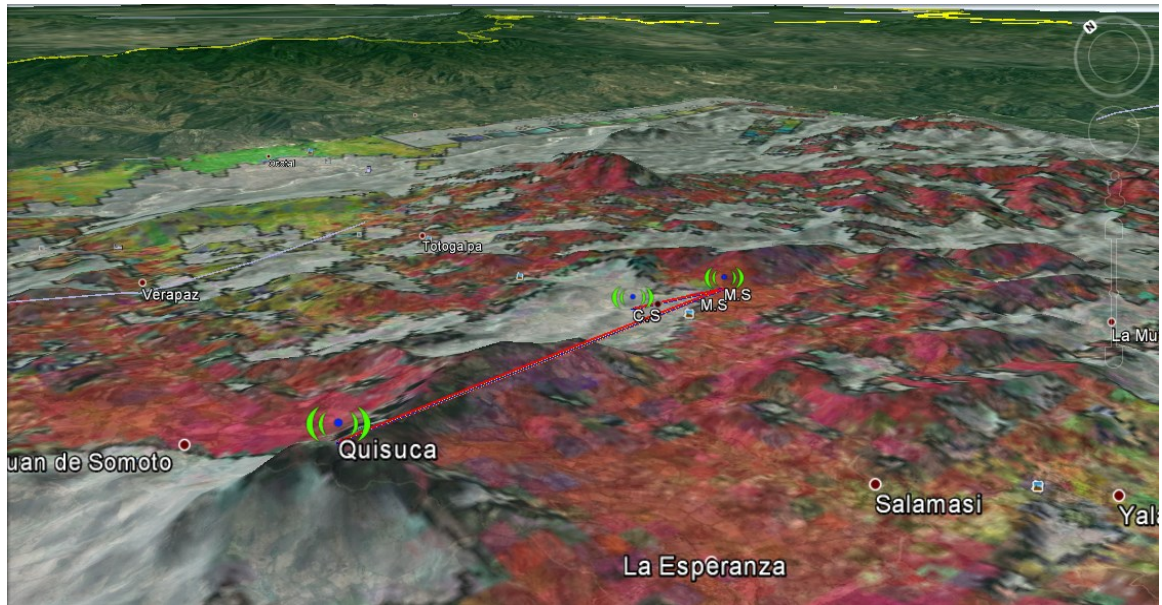


Figura 9. Patrón de radiación del Cerro Quisuca – Montaña Solar_ Google Earth

La segunda etapa de la red consta de un radio enlace que distribuirá la señal hacia el Centro Solar. En ambos puntos la demanda de internet será significativa, pero mayormente en este último.

Se muestran las coordenadas de los dos sitios a ser conectados.

Tabla 15. Coordenadas de Montaña Solar – Centro Solar

Lugares	Latitud	Longitud
Montaña Solar	13°31'35.9"N	86°28'47.03"W
Centro Solar	13°31'40.32"N	86°29'29.42"W

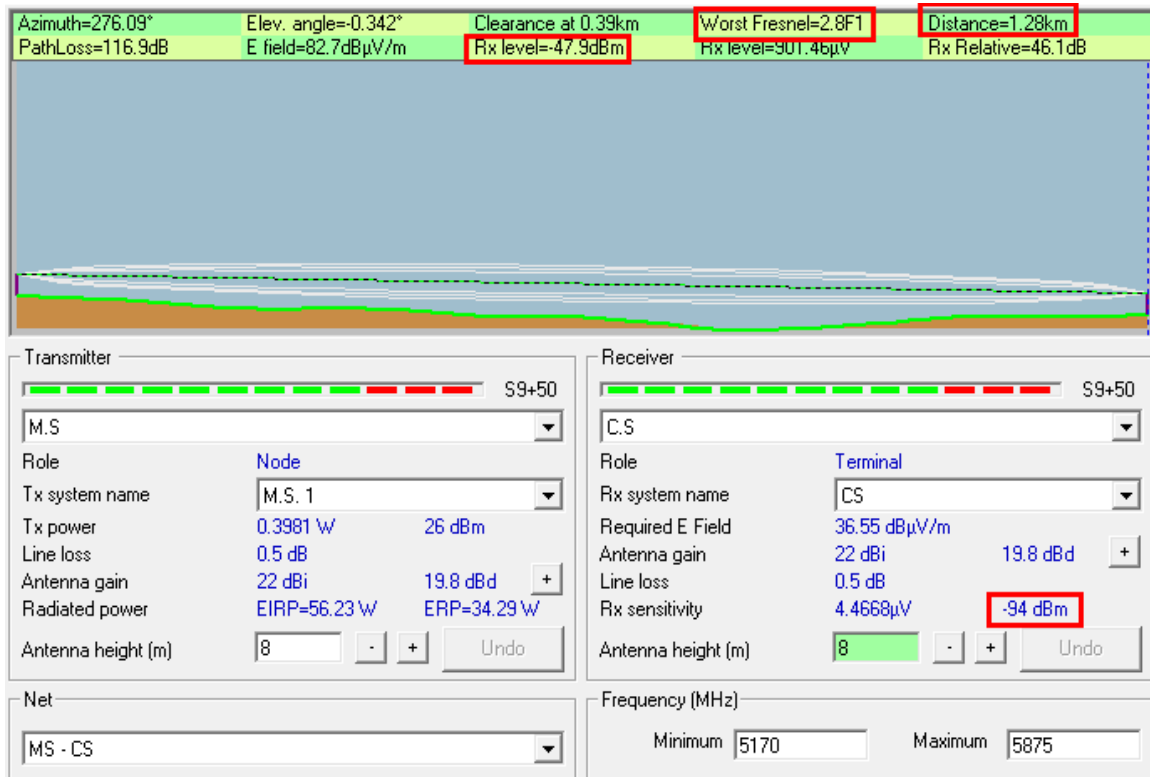


Figura 10. Perfil de propagación de enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar

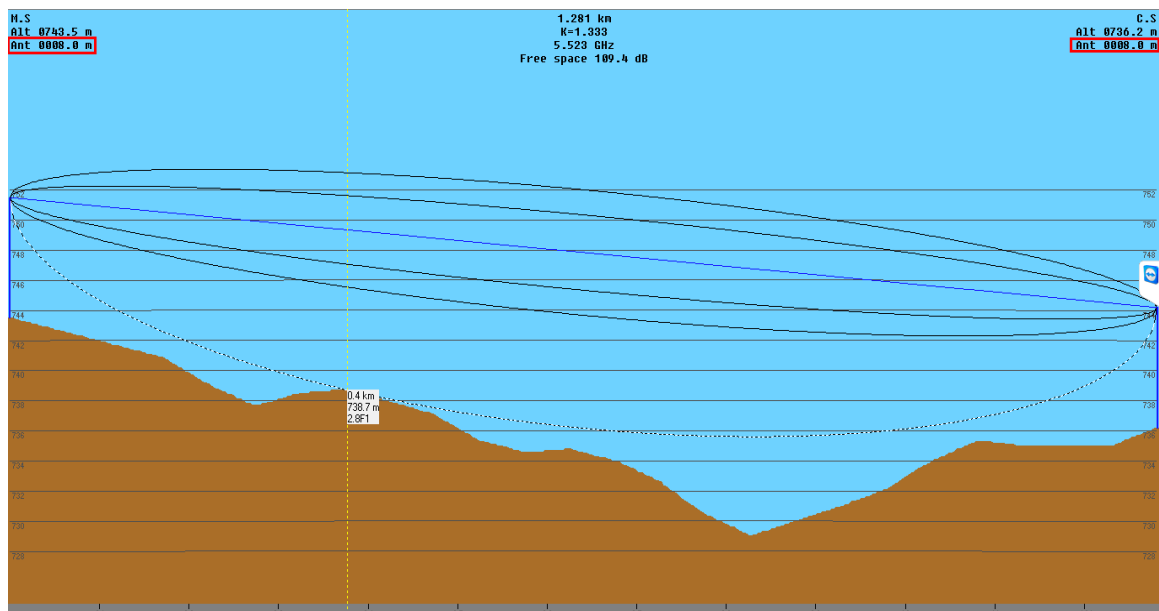


Figura 11. Perfil de propagación (Zonas de Fresnel) de enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar

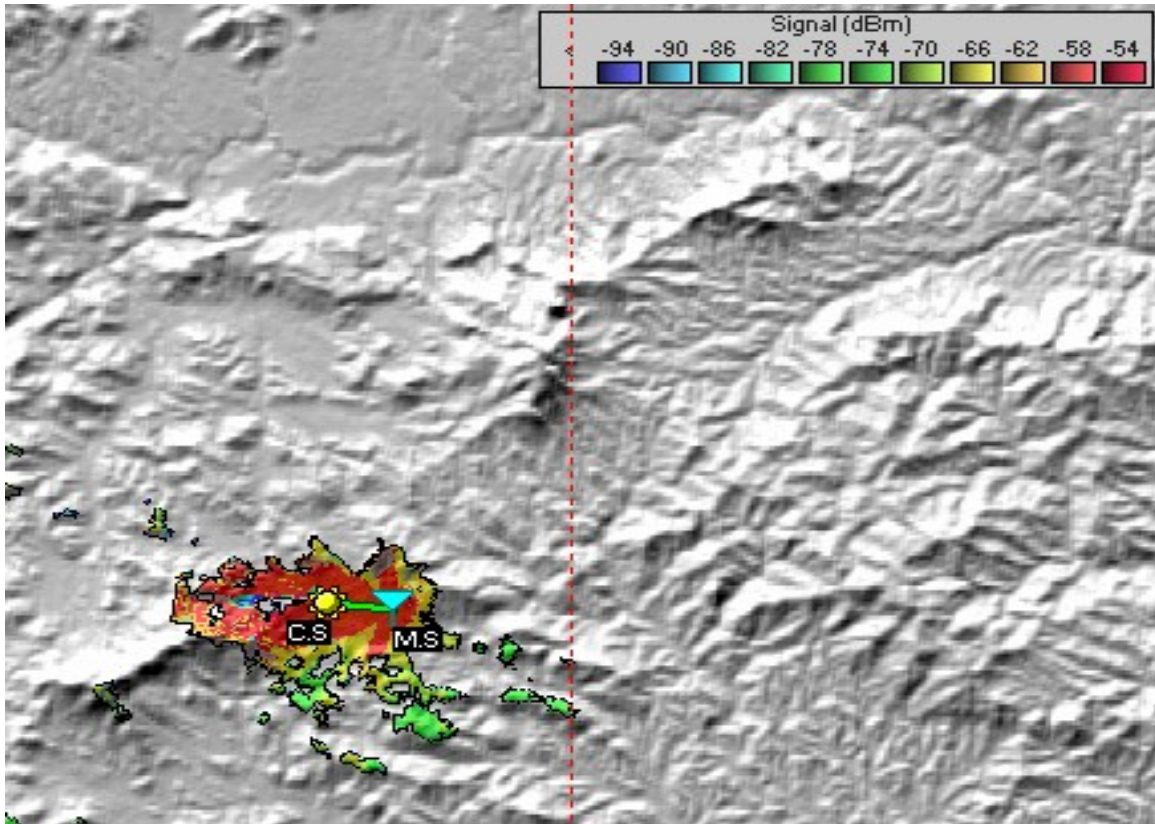


Figura 12. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar

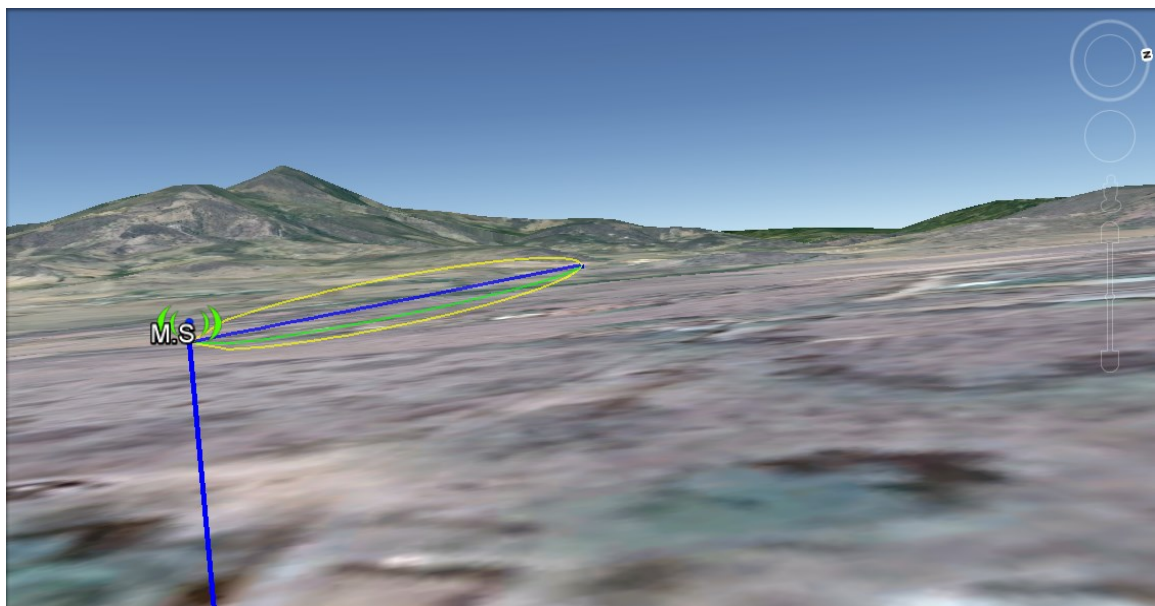


Figura 13. Enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth

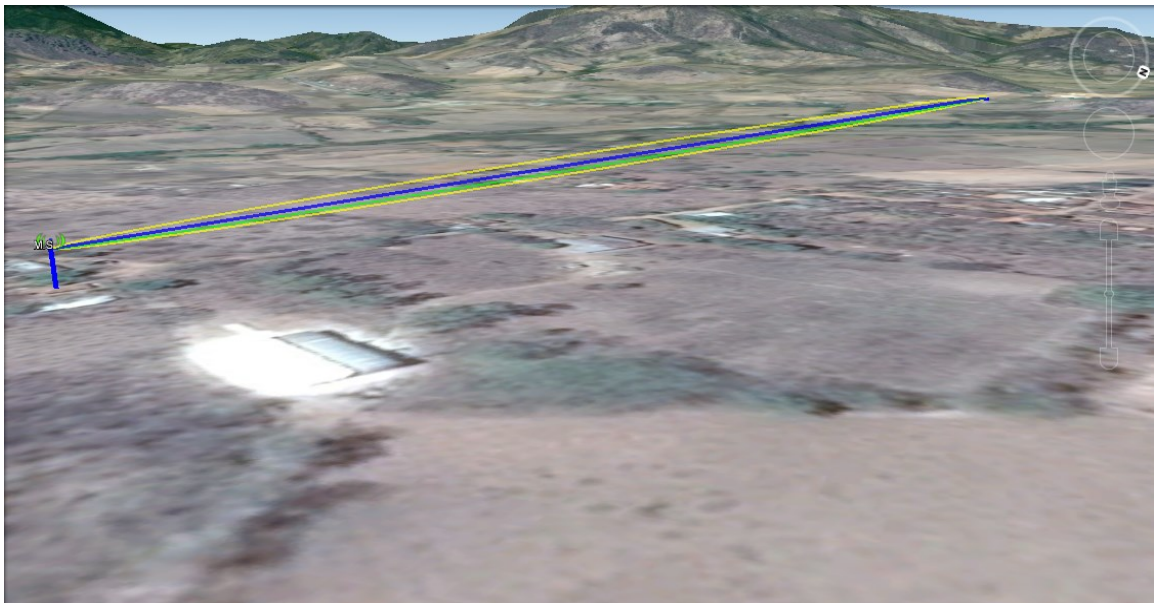


Figura 14. Enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth



Figura 15. Enlace de radio Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth

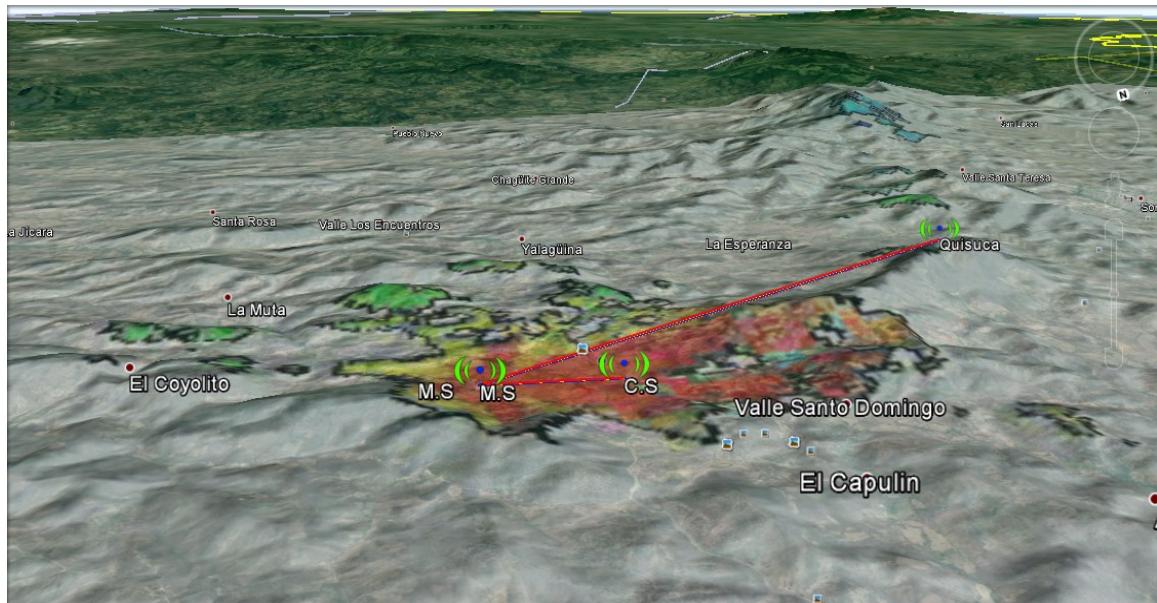


Figura 16. Patrón de radiación de Montaña Solar – Centro Solar _ Google Earth

La red finaliza en el Centro Solar, siendo punto principal donde llega la mayor parte de la comunidad y los estudiantes extranjeros que laboran en sus proyectos. Cada etapa demuestra la efectividad en cada uno de los radio enlaces que fueron definidos a lo largo del proceso de inspección del sitio. Esto únicamente refleja lo que sería el proceso mayor, lograr la cobertura de esta zona desatendida. El proceso relativamente mínimo consistirá en la distribución de este servicio dentro de los dos puntos de acceso en cada sitio (Montaña Solar y Centro Solar). La cobertura de los equipos propuestos es de 183mts de forma omnidireccional y a la vez se propone un método de acceso al servicio controlado por un supervisor de la red.



8 CAPITULO V - REQUERIMIENTOS ECONOMICOS

8.1 MODELO DE NEGOCIO

Esta parte del reporte presenta los contenidos del modelo de negocio Canvas, ejecutado para el proyecto de manera breve. Los nueve bloques han sido cubiertos, y se presentan de una manera comprensible para ayudar a esclarecer las ideas de cómo se visualizan e imaginan las complejidades de cada uno de los componentes; para mostrar cómo este proyecto puede funcionar como un todo. Con el fin de mantener el sistema financieramente sostenible, se ha centrado el diseño bajo un presupuesto, y en conjunto con ingenieros locales, ha sido posible establecer conexiones de negocio indispensables para mantener los servicios asequibles y sostenibles.

Ya que los flujos de ingresos estimados son mayores que los costos estimados, se puede decir con seguridad que el negocio es sostenible. Si se es capaz de mantener relaciones con los socios clave, y llevar a cabo las actividades estratégicas de la utilización de los recursos para ofrecer valor a través de los canales a los segmentos de clientes, manteniendo a la vez las relaciones con los mismos, se continuará siendo sostenible.

8.2 SEGMENTO DE CLIENTES

Con el servicio, se tiene la intención de extender la mano y dar conectividad a Internet a la comunidad de bajos recursos económicos en Sabana Grande, Totogalpa. Esto puede expandirse hacia las comunidades desatendidas alrededor, pero para este modelo de negocio en particular, y para propósitos de este caso de evaluación, se está usando Sabana Grande como el segmento de clientes inicial. Este puede ser dividido entre ciertos grupos individuales de personas en esta comunidad. Aunque el modelo de negocio no está destinado a ser únicamente para estos grupos individuales en la comunidad, estos son los grupos más grandes y significantes a los cuales se tiene en mente como objetivos de mercadeo. Estos grupos incluyen:



- Estudiantes (De la misma comunidad y de universidades extranjeras).
- Centro Solar (Grupo Fénix, Mujeres Solares de Totogalpa, Jóvenes Pedaleando Hacia el Futuro)
- Agricultores, Ganaderos de la comunidad.

8.3 Propuestas de valor

El servicio le ofrecerá a la comunidad una oportunidad de trabajar en la solución de muchos de sus problemas. La asequibilidad de este servicio será muy atractivo para ellos, las consecuencias y los efectos que pueden existir ya han sido señalados por la comunidad circundante. El servicio de internet es un concepto nuevo para la comunidad y está dirigido para ser conveniente, accesible a todos los miembros de la misma para ayudar aún más en su desarrollo. Para cada uno de los segmentos de clientes, hay un esquema que se presentará posteriormente sobre el valor específico que el servicio puede traer.

Tabla 16. *Propuestas de valor*

Estudiantes (De la misma comunidad y de universidades extranjeras).	<ul style="list-style-type: none"> • Educación en línea. • Medios de comunicación social.
Centro Solar (Grupo Fénix, Mujeres Solares de Totogalpa, Jóvenes Pedaleando Hacia el Futuro)	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de negocio, comprar y vender productos en línea. • Actualizar sus precios con respecto al mercado para ser competitivos con sus productos. • Entrenar a empleados. • Conectar a voluntarios aspirantes alrededor del mundo que deseen ayudar a la comunidad de Sabana Grande.
Agricultores, ganaderos de la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas agrícolas. • Conexión con agricultores locales y urbanos alrededor del área.



8.4 VINCULOS CON LOS CLIENTES

Los vínculos con los clientes son de suma importancia para este proyecto. Se garantizará que los usuarios puedan encontrar, en cada una de las localidades, personal capacitado para ayudarles ante cualquier dificultad técnica que tuviesen. Asistencia personal dedicada (Empleados y profesores en cada sitio ayudarán a los usuarios).

- Servicios automatizados (Sitio web de inicio amigable al usuario). Habrá una interface para control de inicio de sesión por códigos temporales.

8.5 CANALES

Con el fin de ofrecer los servicios y el valor que puede entregar cada uno de los segmentos de clientes, se enfocará en los elementos que este negocio va a tratar de sostener.

- Sensibilización a través de banners y otros diversos métodos de publicidad.
- Evaluación a través de sesiones de encuestas - ayudar en la continuación de mejorar el servicio.
- Compras a través de cuotas de suscripción mensual y uso de los honorarios para las partes respectivas.
- (CyberCafePro)

8.6 ASOCIADOS CLAVE

Con el fin de optimizar operaciones y reducir riesgos, se han tomado las medidas necesarias para establecer alianzas con personas y organizaciones claves. Estos asociados están interesados en trabajar en el desarrollo de este servicio en la comunidad de Sabana Grande. El apoyo de estos asociados facilitará que el proyecto pueda lograr ser sostenible.

- Harold Blanco (Ingeniero en RF y propietario del Centro de Servicios Informáticos Soluciones, en Somoto).



- Proveedores de Servicios de Internet (IDEAY).
- Susan Kinne y el Centro Solar.
- Fondo de Inversiones de Telecomunicaciones (FITEL).

8.7 ACTIVIDADES CLAVE

Existen un número de actividades que serán cruciales en la implementación del modelo de negocio. Con el propósito de dar valor a cada uno de los segmentos de clientes, será importante mantener estos conceptos a lo largo de la continuación del negocio.

Tabla 17. *Actividades claves*

- Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Control de red (Resolución de problemas y mantenimiento). • Construcción de infraestructura civil.
- Mantenimiento del lugar	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidad del hardware. • Seguridad en el sitio.
- Legal	<ul style="list-style-type: none"> • Contrato con Proveedor de Servicios de Internet. • Contrato con la comunidad del Centro Solar (para mantener pagos por uso y pagos por suscripción) • Mantener los pagos de uso a través de Susan Kinne.

8.8 RECURSOS CLAVE

En esta sección se describen algunos de los recursos que son considerados necesarios para la ejecución del negocio y la efectividad del servicio. Los recursos



que serán absolutamente esencial para entregar valor a cada segmento son los siguientes:

Tabla 18. *Recursos claves*

- Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes de hardware (Red), estos incluyen todas las antenas, routers y cada elemento necesario para la creación de la red. • Terreno para la infraestructura de las torres donde estarán las antenas. • Elementos de seguridad para el sitio.
- Intelectual	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes de software • CyberCafePro • Unifi • Contratos
- Humano	<ul style="list-style-type: none"> • Proveedor de Servicios de Internet • Controlador de Access Point (Persona o empleado que estará a cargo de dar acceso a internet) • Administradores de red (Propietarios de la red ISP) • Mantenimiento del local de las antenas (Centro de Servicios Informáticos Soluciones) • Organizador de la comunidad, Susan Kinne y el Centro Solar actuarán como medios por el cual se será capaz de organizar a la comunidad para concientizarlos con el uso del servicio brindado.
- Financiero	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo FENIX. • Universidad de Villanova, donadores de parte del hardware de Redes. • Fondo de Inversiones de Telecomunicaciones (FITEL), posible apoyo para financiamiento del proyecto.



8.9 ESTRUCTURA DE COSTOS

Se pretende que el servicio sea lo más accesible posible a la comunidad de Sabana Grande. Esto se hará a través de un sistema basado en el control de los dispositivos que accedan a la red, para obtener la tarifa del servicio brindado a familias de la comunidad para que sus niños que están en las escuelas de la misma sean beneficiados, tendrán que pagar una pequeña cuota mensual asequible para la continuidad del servicio. Los agricultores de la comunidad serán capaces de pagar por horas; igualmente aquellos que no sean estudiantes de estas escuelas, y obtenerlo a un precio módico.

A continuación se enumeran todos los costos que se esperan acumular para la implementación inicial, así como los costos recurrentes que tendrán que ser atendidos por la comunidad.

8.9.1 COSTOS NO RECURRENTE

Estas son las cifras estimadas que se esperan gastar con el fin de emplear plenamente el sistema. Este es un costo que se procurará sea inhabitual, garantizando el apoyo de la comunidad para asumir parte del mismo. Estos términos fueron establecidos con la comunidad, al igual que el estudio de las diferentes opciones viables.

El Ing. Blanco expuso, como contribución, el hecho de donar un número de computadoras; con las cuales se estima que se tendrá equipos adecuados para al menos los primeros años de servicio. En la tabla siguiente se detallan los elementos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla 19. Costos no recurrentes

Elemento	Descripción	Cantidad	C.U	Total
Radios y Antenas	Ubiquiti - PowerBeam - M5-300	2	U\$ 194.12	U\$ 388.24
	Ubiquiti - RocketM5	2	U\$ 132.09	U\$ 264.18
	Ubiquiti - RocketDish RD-5G30	2	U\$ 191.78	U\$ 383.57
Distribución de la señal	Ubiquiti - UniFi - AP Outdoor	2	U\$ 247.00	U\$ 494.00
	Ubiquiti - EdgeRouter Erpoe-5 Port	2	U\$ 203.07	U\$ 406.15
Instalación de torres	Segmentos de torre de hierro galvanizado de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{2}$ " x 3 elementos. - 4 Segmentos empotrados con base soldado y retenidas con cable de acero (15 metros)(Montaña Solar)	7	U\$ 130.00	U\$ 910.00
	- 3 Segmentos sobre techo base soldado y retenidas con cable de acero (12 metros)(Centro Solar)			
	Accesorios de Instalación, Silicón, Cable eléctrico, tubería Conduit PCV, cable de red para exteriores apantallado categoría 5e, cableado galvanizado para vientos de torres arriostradas, conectores de red.	2	U\$ 200.00	U\$ 400.00
	Armar la estructuras de la torre	2	U\$ 200.00	U\$ 400.00
Instalación de Radios y Antenas	Fijar en las infraestructura los equipos y configurarlos	4	U\$ 90.00	U\$ 360.00
Electricidad	Paneles solares de 24W	2	U\$ 150.00	U\$ 300.00
Controlador	Regulador de carga Solar	2	U\$ 88.42	U\$ 176.84
Baterías	Baterías de ciclo profundo de 12V	2	U\$ 80.00	U\$ 160.00
Inversor	Inversor de 12V a 110V	2	U\$ 60.00	U\$ 120.00
Batería de Respaldo	Fuente de alimentación interrumpida (UPS)	4	U\$ 60.00	U\$ 240.00
Protección	Ubiquiti Networks - Ethernet Surge Protector ETH-SP	4	U\$ 30.23	U\$ 120.92
Computadoras	MiniPC 3nStar, Monitor de 15" teclado, mouse,	6	U\$ 470.00	U\$ 2,820.00
Impresoras	Impresora multifuncional Epson	2	U\$ 85.00	U\$ 170.00
Trámite Legal	Pago por derecho de solicitud de para permiso de radio transmisión de datos	1	U\$ 32.20	U\$ 32.20
Total				U\$ 8,146.30

8.9.2 COSTOS RECURRENTE

Estas son las cifras que incurrirán en múltiples ocasiones y tendrán que ser atendidas mensualmente para que el proyecto permanezca sostenible. Basado en las investigaciones pertinentes y cotizaciones realizadas, al igual que las discusiones con los miembros de la junta directiva de la comunidad.

Tabla 20. *Costos recurrentes*

Servicios	Descripción	Costos estimados por mes
Cobros por utilización del servicio por parte del Proveedor de Servicios de Internet	Se cotizó el servicio a diferentes proveedores, de estos se consideró el más accesible en cuando a su infraestructura como a lo económico, con la menor velocidad (3Mbps). Sin embargo se piensa que será una opción asequible que le permitirá a la comunidad tener internet a una velocidad estable.	U\$ 161.00
Alquiler de terreno (Para antena en el Cerro Quisuca).	Tendrá un costo aproximado de \$30.00 mensual. Aún se tendrá que elaborar un contrato con ellos y Harold ayudará a elaborar este. El terreno para el resto de las torres no tendrá ningún costo ya que se estarán usando en la Montaña Solar, el cual Susan Kinne estará facilitando para su uso libre de cargos, igualmente será el caso para el Centro Solar.	U\$ 30.00
Mantenimiento/Seguridad.	Mantener y asegurar los equipos, software será muy importante para brindar el servicio de internet. Este tendrá un costo aproximado de \$ 30.00 mensual.	U\$ 30.00
Total		U\$ 221.00



8.9.3 OTROS COSTOS

Estos son costos que serán requeridos para iniciar el proyecto, pero que no forman parte del sistema, por ende, los hemos incluido en su propia sección. Esto envuelve viajes hacia la comunidad e instalar partes del sistema por nuestra voluntad ya que tendremos que instalar los software en el hardware apropiado, y asegurarse de que todo funcione tal y como debe ser. Estos costos se pretenden pagar, por nosotros mismos, para dar inicio al proyecto.

Tabla 21. *Gastos de viaje*

Gastos	Número de estudiantes	Costos por estudiantes
Pasaje de Transporte	2	U\$ 16.80
Hospedaje	2	U\$ 30.00
Alimentación	2	U\$ 30.00
Total		U\$ 75.00

8.10 INGRESOS

El ingreso que se espera acumular está dividido en partes y es mostrado con detalle abajo. Con el tiempo, al recibir mayor retroalimentación de los usuarios por medio de encuestas, se podrán mejorar estos métodos y ajustar las cifras.

Tabla 22. *Flujos de Ingresos*

Tipo de Ingresos	Ingresos por usuario	Número de usuarios por mes	Ingresos Estimados por mes
<ul style="list-style-type: none"> • Cuota por suscripción <p>Muy probablemente esto será implementado en forma de impuestos: se estima cobrar \$5.00 mensual a cada una de las familias en la comunidad para facilitar y subsidiar costos para todos los estudiantes y niños en la comunidad. Susan Kinne está trabajando junto a nosotros para ayudarnos a implementar esto, de igual manera se realizaron encuestas para determinar qué métodos serán los mejores para recolectar estos costos.</p>	U\$ 5.00	25	U\$ 125.00
<ul style="list-style-type: none"> • Pago por uso <p>\$0.70 por hora para aquellos que no sean estudiantes. Se estarán usando la Montaña Solar y el Centro Solar como espacios para que los agricultores y otros que no sean estudiantes puedan hacer uso del Internet. Hasta el momento, los resultados de las encuestas demuestran que aquellos que no son estudiantes están dispuestos a hacer uso del servicio de forma semanal, lo cual es una estimación razonable que se está haciendo en nuestro flujo de ingresos.</p>	U\$ 0.70	60	U\$ 42.00
<ul style="list-style-type: none"> • Publicidad <p>Al inicio de la sesión, se implementará una pequeña publicidad de 30 segundos. Los usuarios tendrán un tiempo adicional de 30 segundos para uso, así no perder el valor de la hora completa para el uso de Internet. Estas publicidades pueden acumular potencialmente algo de dinero. Usando publicidad de Google, y otras empresas nacionales, considerando que habrá alrededor de 10 a 15 inicios de sesión por día, se podrían hacer aproximadamente entre \$110 a \$150 por mes. Si estos números incrementan y más de 15 estudiantes/miembros de la comunidad acceden a una cuenta por día, se podría hacer más dinero continuamente.</p>	U\$ 0.25	325 (Inicios de sesión por mes)	U\$ 81.25
Total			U\$ 248.25

Se logró una participación de 27 familias, de las 90 aproximadas que existen en esta parte de la comunidad. Se aplicó una encuesta para tratar de medir la sostenibilidad del proyecto una vez implementado, obteniendo información de cuanto estarían dispuestos a pagar los habitantes de la comunidad por el servicio y para evitar tener la necesidad de movilizarse a las ciudades aledañas. El formato de la encuesta se puede apreciar en Anexo 2.

Dentro de los principales resultados tenemos:

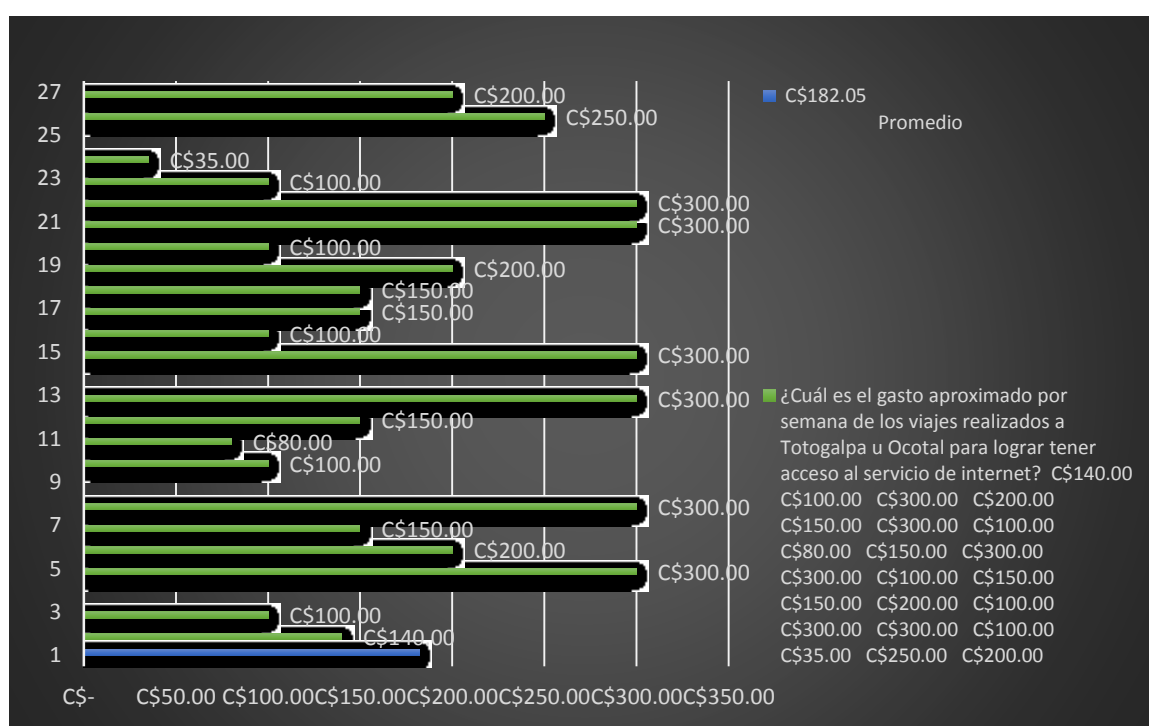


Figura 17. Gastos semanales que realizan las familias para obtener acceso al servicio de internet

Los resultados mostrados en la figura 17 se obtuvieron de aplicar una encuesta con la idea de percibir cuanto gastan en viajes semanales los habitantes de la comunidad para lograr hacer uso del servicio de internet en las ciudades aledañas. Mostrando que en promedio cada familia gasta C\$ 182.05. Y a la vez se valoró el nivel de inversión que disponen para optar por el servicio.

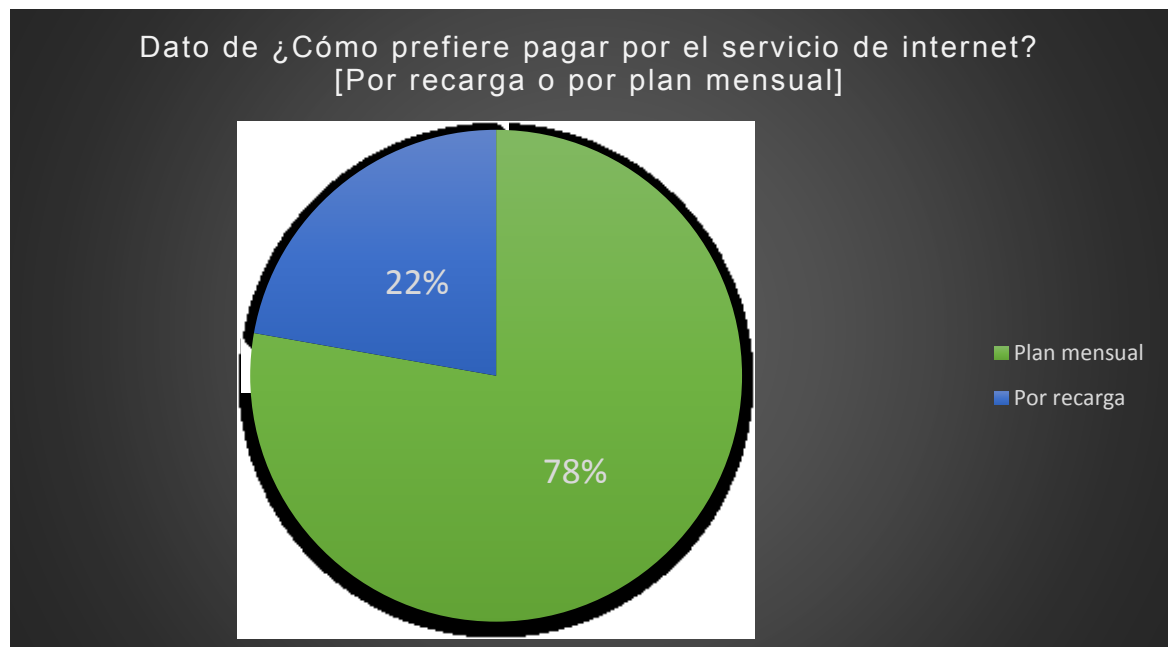


Figura 18. Tipo de plan de servicio que prefiere la comunidad

Al hacer la propuesta y tener conocimiento del interés por el uso del servicio. Se identificó la modalidad de pago que los clientes preferirían contratar. Sobresaliendo un 78% de las familias que optaron por la opción de un plan mensual. Al saber este resultado, se hicieron dos propuestas más para subdividir esta modalidad y conocer más a fondo la cantidad que estarían dispuestos a pagar por la adquisición del bien común.

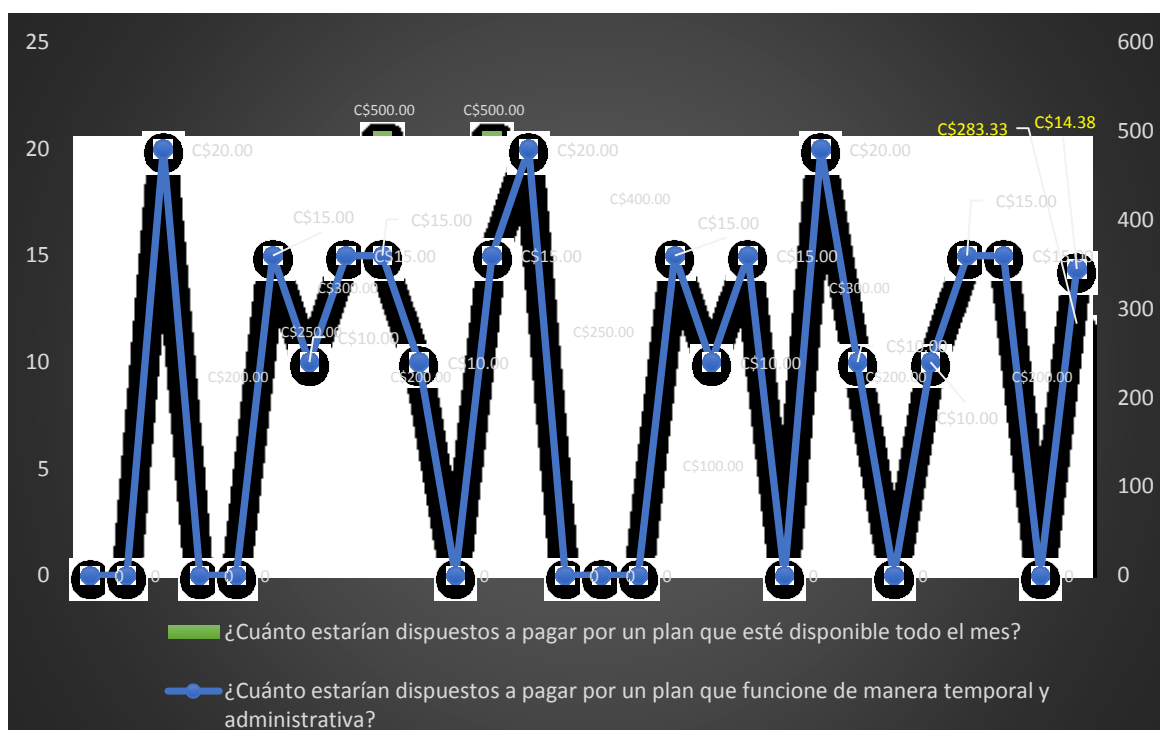


Figura 19. Ofertas de pago por modalidad mensual y temporal

De esta muestra podemos observar que la población en verdad tiene el interés de pagar un valor promedio de C\$ 283.33 de forma mensual. Asegurando un servicio fijo. Y pagar un promedio de C\$ 14.38 por un servicio temporal y administrativo, el cual implicaría que puedan conectarse como mínimo 25 personas para tener sostenibilidad de los gastos recurrentes al mes. Y si las 27 familias pagasen el promedio de mensualidad se recopilaría aproximadamente \$ 259.32. Pudiendo estimar que gracias a los resultados obtenemos la factibilidad deseada del proyecto.

Modelo “Canvas”

Diseño de una red de servicio de internet para la comunidad de Sabana Grande, Departamento de Madriz

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones Cliente	Segmentos Clientes
<p>Empresa Ideay -Proveedor de Servicios de Internet</p> <p>Harold Blanco -Proveedor de servicios de instalación de infraestructura de la red</p> <p>Nitelcom Comunicaciones -Proveedor de los equipos para el despliegue de la red (Radios, Antenas, Switch)</p> <p>Universidad de Villanova -Proveedor de Radios para un radio enlace</p> <p>Susan Kinne (Grupo Fénix) -Proveedor de la Energía Fotovoltaica</p> <p>-Coordinar la obtención de tarifas de impuestos por el uso de las Antenas en el sitio</p> <p>Fondo de Inversiones de Telecomunicaciones (FITEL) -Conceder financiación de costos iniciales</p>	<p>Producción -Administrador de la red (Solución de problemas y Mantenimiento)</p> <p>-Construcción de la infraestructura física de la red</p> <p>Mantenimiento del sitio -Seguridad de funcionalidad del Hardware</p> <p>Legal Cumplimiento de las Normas de uso a través de la ley N 843</p> <p>Recursos Clave</p> <p>Físico -Componentes del Hardware de la red. -Terrenos para ubicación de las torres donde se ubican las antenas. -Seguridad en el sitio -Mantenimiento de componentes</p> <p>Intelectual -Licencia de componentes del software. -Contratos.</p> <p>Humano -Servicio de Internet -Proveedor -Administrador de los puntos de acceso</p> <p>Financiero -Fondo de Inversiones de Telecomunicaciones (FITEL)</p>	<p>Estudiantes -Educación en línea -Libros de texto en línea -Clases gratis en línea (Khan Academy en español, MIT OCW en español) -Intercambio de Información -Noticias -Comunicación -Correos -Video Conferencias</p> <p>Agricultores de la comunidad -Clima -Técnicas de cultivo -Compra / Venta de productos en línea -Comunicación con otros Agricultores del área -Comparar los precios de mercado de los productos</p> <p>Centro Solar -Negocios -Compra / Venta de productos -Verificar y permanecer competitivos con precios en el mercado -Gestión del inventario -Comunicación con los clientes</p> <p>Investigación -Maneras más eficaces de poner en práctica la implementación y distribución de paneles solares</p>	<p>Asistencia personal -Facilitador en cada sitio para ayudar al usuario final -Servicio al cliente</p> <p>Servicios Automatizados -Sitio web para acceso a internet en cada ubicación</p> <p>Canales</p> <p>Conciencia -Publicidad en el Centro Solar y Montaña Solar. -Promociones por medio de Banners / Volantes en lugares / Alrededor de la comunidad</p> <p>Evaluación -Las sesiones de entrenamiento permitirán evaluar lo que aprendió el usuario</p> <p>Comprar -Impuestos, pago por uso</p>	<p>-Escuelas / Estudiantes y Profesores</p> <p>-Centro Solar</p> <p>-Montaña Solar</p> <p>-Clientes por hora</p> <p>-Agricultores de la comunidad</p> <p>Estructura de costos</p> <p>Costos Fijos 1)-Hardware 2)-Envíos 3)-Construcción e instalación</p> <p>Costo Total \$1,800.00</p> <p>Costos Recurrentes -Pago de Proveedor de Servicios de Internet. -Pago de utilidades</p> <p>Flujo de Ingresos</p> <p>Calidad de servicio al cliente. -Comodidad -Distancia -Asistencia en el uso del servicio</p> <p>Pagos por uso -Pago en efectivo en función de las horas consumidas.</p> <p>Publicidad -30 segundos de publicidad en el ordenador al ingresar la contraseña</p>

Figura 20. Modelo de negocio Canvas



9 CONCLUSIONES

En la presente tesis se logró diseñar una red de servicios de internet para la comunidad de Sabana Grande, departamento de Madriz, que permitirá llevar este servicio de una forma accesible y económica. Esperando lograr un impacto positivo en las actividades socioeconómicas, productivas y principalmente en los programas educativos de estas comunidades.

Se demostró que en base al análisis de las visitas de campo realizadas en la comunidad de Sabana Grande; el análisis de los perfiles topográficos de distintos escenarios, dio pauta a encontrar la que sería la mejor alternativa de interconexión de la red. Esta alternativa involucraría los puntos: Cerro Quisuca, Montaña Solar y Centro Solar.

Se logró determinar la tecnología mediante el análisis de diferentes opciones como; WiFi, WiMAX, VSAT. Tomando como criterios los equipos en el mercado que cumplen las exigencias de las aplicaciones a implementar, fiabilidad, costos, cumplimiento de aspectos regulatorios que rigen las bandas libres. Determinando que la tecnología WiFi es la más óptima dentro de los puntos de requerimientos que tenemos. Optando por equipos del fabricante Ubiquiti para el desarrollo de la red.

Posterior a esto se hizo uso del software Radio Mobile para evaluar la viabilidad y desempeño de la red mediante simulaciones. Encontrando que se cumple con los parámetros ingenieriles, como no obstrucción en la primera zona de Fresnel. Se logró obtener la red deseada que otorgaría un desempeño óptimo en su funcionalidad. A pesar de que no es el más completo, es un software libre que brindó una buena aproximación de acuerdo al análisis del terreno y estudio de las condiciones para los radioenlaces.

Finalmente concluimos con un modelo de negocio para aproximarnos a la realidad de estimación de un costo básico. Con el menor número de saltos de repetidores posibles de la red, para la inversión inicial con proveedores en el mercado



nacional. A lo largo del desarrollo de este se logra ver sostenibilidad para el proyecto.



10 RECOMENDACIONES

Dentro de un proyecto como este, siempre se desea que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto se recomienda:

- Una vez implementado se debe capacitar a los miembros a cargo y operadores del ciber, de tal manera que se haga un buen uso de las herramientas de estas tecnologías. Garantizando un servicio de calidad e información de primera mano sobre el uso para transmitir la información a los usuarios
- Diseñar un plan de estudios, reservando horarios accesibles a los estudiantes, para programas educativos en los que se pueda hacer uso eficiente del servicio.
- Ampliación en la instalación y mantenimiento de los equipos de cómputo para asegurar escalabilidad y buen servicio a la población de las comunidades.
- En caso de no tener acceso a una torre en el cerro Quisuca con una altura mayor o igual a 15mts y no poder montar una torre de 10mts en la montaña solar, se tomaría como opción instalar una torre en el tanque de agua por su altura conforme al terreno, siendo una opción alterna a tomar en cuenta. Se realizó análisis de los radioenlaces originados hacia este punto y desde este para valorar efectividad. Pero los costos se acrecentarían mucho más y sería necesario hacer cambios en temas como seguridad y accesibilidad del servicio. Los gráficos son mostrados en Anexo 1.
- Se recomienda el contrato anual de soporte local de la empresa del Ing. Harold Blanco. Ya que no tendremos garantía de soporte del ISP porque



se decidió realizar los radioenlaces con equipos adquiridos de manera independiente para abaratar costos.

- Establecer como prioridad la búsqueda del financiamiento de inversión inicial del proyecto con la organización tomada en cuenta de Fondo de Inversión de Telecomunicaciones (FITEL).



11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] TELCOR. Managua, Nicaragua (28 de Octubre de 2014). Obtenido de http://www.telcor.gob.ni/Desplegar.asp?PAG_ID=50
- [2] Unidad de Concertación y Cooperación Municipalista (2012). Obtenido de http://www.ucom.org.ni/wp-content/uploads/2013/02/caracterizacion_totogalpa_2012.pdf
- [3] Grupo Fenix. Madriz, Nicaragua Obtenido de <http://www.grupofenix.org/grupo-fenix/>
- [4] Google Play (Octubre de 2014) Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chartcross.gptest&hl=en>
- [5] Google Play (Agosto de 2016) Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eclipsim.gpsstatus2&hl=en>
- [6] Requality Obtenido de <http://www.requality.com/instalaciones-wifi-el-dilema-entre-2-4ghz-y-5-8ghz/>
- [7] Gerson Araujo, Luis Camacho, David Chávez. REDES INALÁMBRICAS PARA ZONAS SEGUNDA EDICION. Lima PERU, GTR-PUCP, Febrero 2011, Pag.12-18
- [8] AirLink Obtenido de <http://airlink.ubnt.com/#/>
- [9] UBNT Obtenido de https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf
- [10] UBNT Obtenido de https://dl.ubnt.com/datasheets/powerbeam/PowerBeam_DS.pdf



[11] UBNT Obtenido de

https://dl.ubnt.com/datasheets/unifi/UniFi_AP_DS.pdf

[12] UBNT Obtenido de

https://dl.ubnt.com/datasheets/edgemax/EdgeRouter_DS.pdf

[13] UBNT Obtenido de

https://dl.ubnt.com/datasheets/ETH-SP/Ethernet_Surge_Protector_DS.pdf

[14] MIFIC, Managua, Nicaragua. Obtenido de

<http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20UGA/Documentos/Gacetas%20a%C3%B1o%202014/G.%20No.%2065%20Decreto%2015-2014.pdf>

[15] Jane Butler, Ermanno Pietrosemoli, REDES INALÁMBRICAS EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO, Cuarta Edición, Octubre de 2013, Pag. 38

[16] WIKIPEDIA, Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/S-meter>

[17] Asamblea de Nicaragua, Managua, Nicaragua. Obtenido de

<http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/380a8ecf5439c96806257cc9006e61b4?OpenDocument>

12 ANEXOS

12.1 ANEXO 1. OPCION ALTERNATIVA PARA DISEÑO DE LA RED

Tabla 23. Coordenadas de Cerro Quisuca – Tanque de agua MS

Lugares	Latitud	Longitud
Cerro Quisuca	13°30'38.2"N	86°31'53.7"W
Tanque de agua MS	13°31'38.6"N	86°28'39.7"W

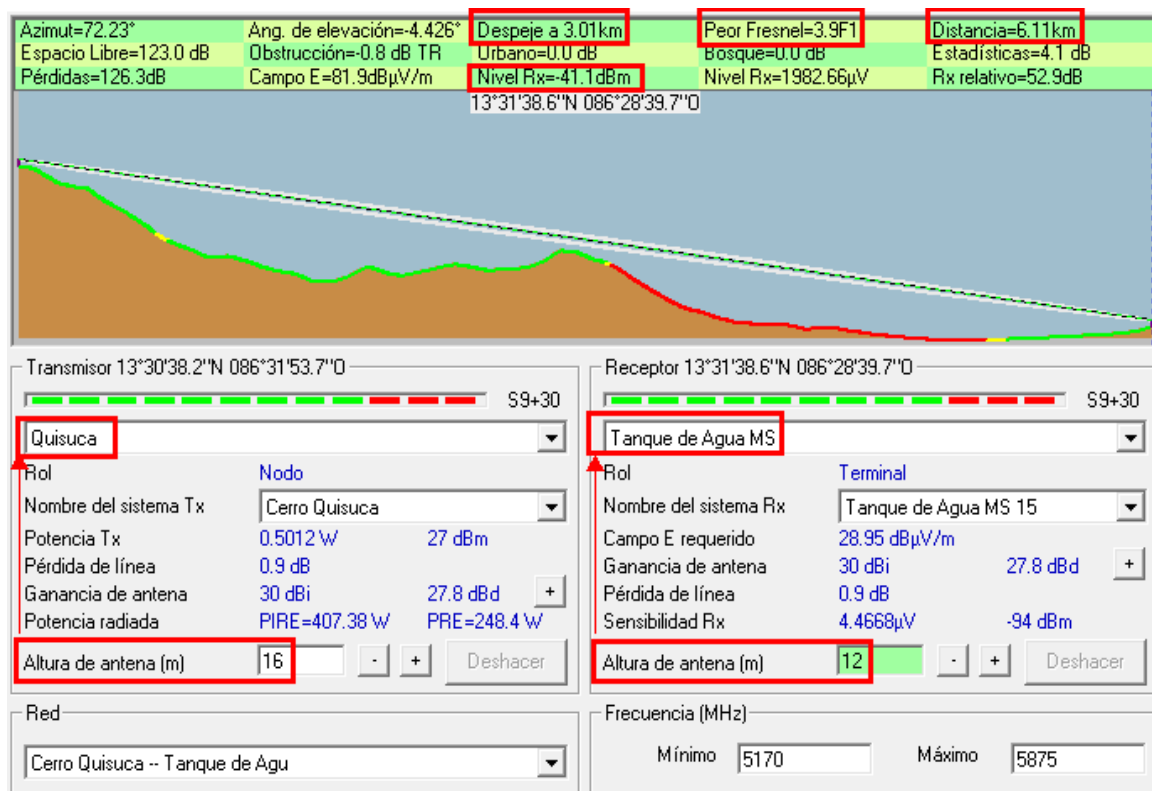


Figura 21. Perfil de propagación de enlace de radio Cerro Quisuca – Tanque de agua MS

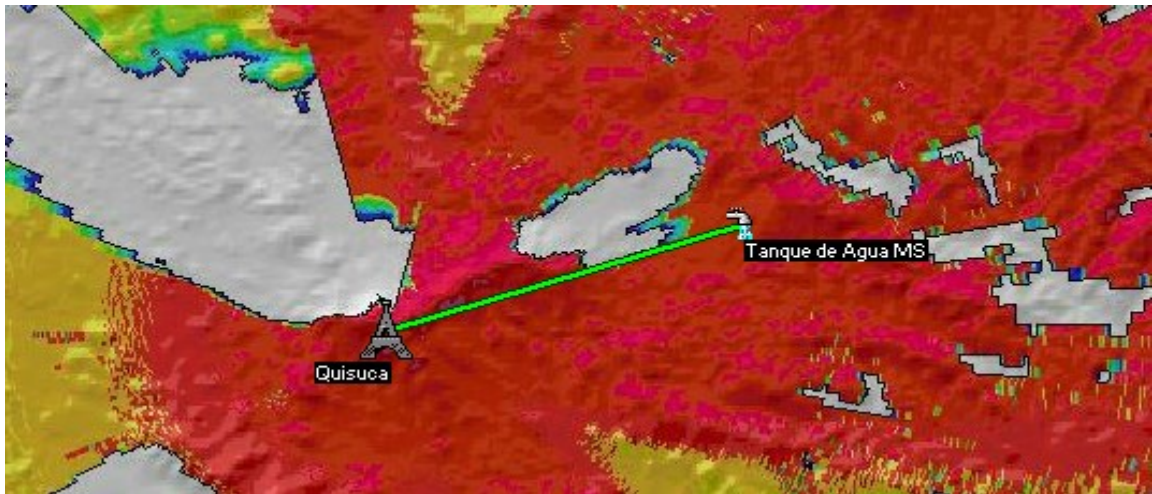


Figura 22. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Cerro Quisuca – Tanque de agua MS

Tabla 24. Coordenadas de Tanque de agua MS – Centro Solar

Lugares	Latitud	Longitud
Tanque de agua MS	13°31'38.6"N	86°28'39.7"W
Centro Solar	13°31'40.32"N	86°29'29.42"W

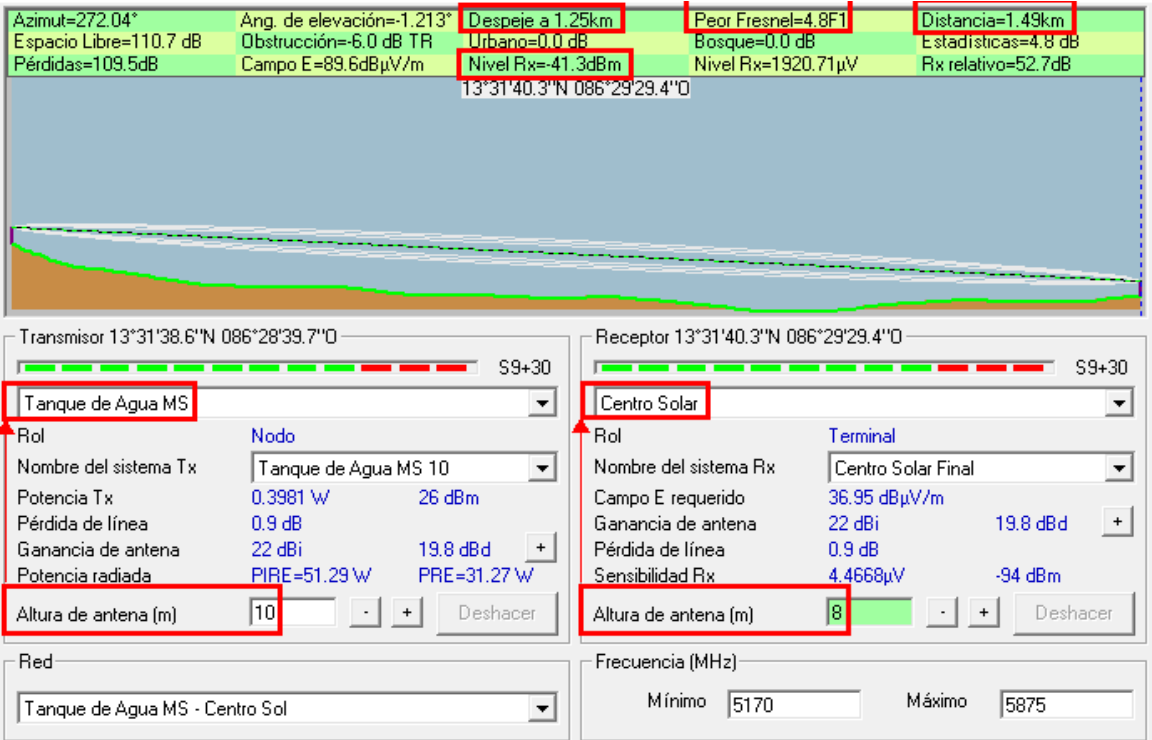


Figura 23. Perfil de propagación de enlace de radio Tanque de agua MS – Centro Solar

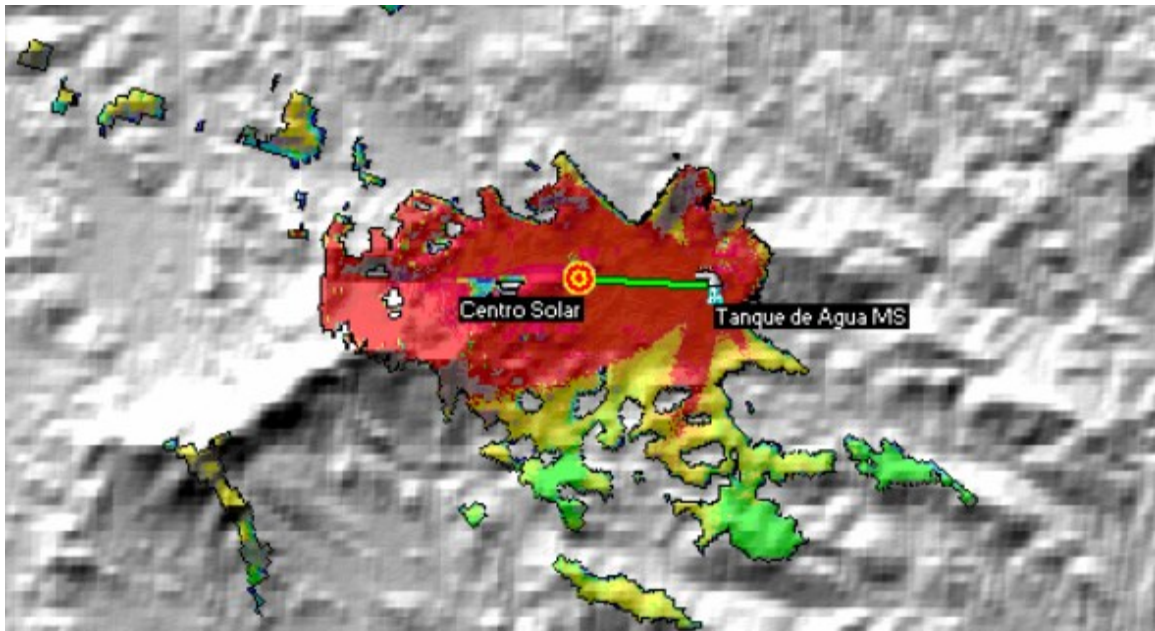


Figura 24. Perfil de patrón de radiación de enlace de radio Tanque de agua MS – Centro Solar



12.2 ANEXO 2. FORMATO DE ENCUESTA REALIZADA



Encuesta para servicios de internet En la comunidad de Sabana Grande, Totogalpa

Fecha: ____/____/____

Área o zona: _____

Representante de la familia: _____

Uso del servicio de internet

1. ¿Cuántas personas hay en su familia?

2. ¿Cuántos estudiantes hay en su familia?

Primaria _____

Secundaria _____

Técnico _____

Universidad _____

3. ¿Cuántos estudiantes en su familia necesitan servicios de internet?

4. ¿Cuántas otras personas en la familia necesitan el servicio de internet? ¿Por qué?

5. ¿Cuánto dinero genera su grupo familiar mensualmente? (Opcional)

6. ¿Cuánto dinero invierte en recarga para utilizar internet la familia por semana?

7. ¿Cuál es el gasto aproximado por semana de los viajes realizados a Totogalpa u Ocotal para lograr tener acceso al servicio de internet?

Modo de pago



8. Como prefiere pagar por el servicio de internet (Elija solo una opción):

☐ Por recarga.

¿Cuánto gastaría en recarga mensualmente? _____

☐ Por plan.

a. ¿Cuánto estarían dispuestos a pagar por un plan que esté disponible todo el mes?

b. ¿Cuánto estarían dispuestos a pagar por un plan que funcione de manera temporal y administrativa (Como ciber)? _____

12.3 ANEXO 3. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZAS EN LA MONTAÑA SOLAR



Estas imágenes muestran parte de las actividades de enseñanza que se realizan en la Montaña Solar, fortaleciendo los estudios de niños y adultos en diferentes áreas.

12.4 ANEXO 4. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA EN EL CENTRO SOLAR



Parte de lo que se vive en el Centro solar, donde también está ubicado el taller solar para la elaboración de paneles solares y cocinas solares.



12.5 ANEXO 5. PROPUESTA DE PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET



Propuesta de Servicio

Grupo Fénix

ENLACES DE INTERNET

Entrega de Ofertas, 11 de Octubre de 2016

DE: Equipos y Sistemas S.A.

Bvdl. Jean Paul Genie, Costado sur oeste Centro Comercial El Tiangue,
Managua,
Tel.: (505) 2255-9755

Ejecutivo Corporativo:
Michael Mojica
Daniela.lacayo@ideay.com
Cell: 505 8388-2693

Atención:
Leónidas Navarrete



PROPIUESTA ECONOMICA

IDEAY ofrece soluciones en materia de Diseño e Implantación de Redes WAN y LAN así como redes de transporte de datos en general. Nuestro personal, es altamente calificado y con amplia experiencia en el mercado.

Características	Recurrente
Ancho de banda: 3 Megas Corporativo Características: Clear Channel garantizado. Nivel de compresión (1:1) Simétrico. Garantizado upload y download. Servicio Garantizado 99.9% Medio de Transporte de los enlaces: Radio Enlace Valores Agregados: Incremento una vez al mes sin costo adicional, periodo de 24horas de hasta el 40% de AB contratado Ancho de banda de internet con mayor capacidad en el Uplink Servicio garantizado las 7x24. Soporte Técnico 7x24 Monitoreo 7x24. Se proporciona URL seguro para el monitoreo de su consumo de ancho de banda.	U\$140 .00
Total	U\$140.00

Precio no incluye IVA, contrato de 12 meses. /Tiempo de Instalación: 5 a 7 días después de firmado el contrato / Los permisos son en coordinación con el cliente.
 Instalación 100\$ Bonificado.



12.6 ANEXO 6. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER PERMISO DE RADIO TRASMISION DE DATOS

Persona jurídica:

1. Carta de solicitud para asignación de frecuencia en la banda solicitada. Dirigida a Lic. Celia Reyes Ochoa. Directora de Titulación y Atención a Operadores y Usuarios, TELCOR.
2. Formato de Registro de radiotrayecto debidamente lleno y firmado por el representante legal de la empresa.
3. Proyecto técnico que indique ubicación de los equipos, tipo de equipos, configuración de la red de comunicación.
4. Fotocopia autenticada de la cédula de identidad del representante legal.
5. Fotocopia autenticada del No. RUC de la empresa
6. Acta de constitución de la empresa, fotocopia autenticada
7. Poder del representante legal, fotocopia autenticada
8. Certificación de la junta directiva actual, fotocopia autenticada
9. Pago de C\$ 950.00 por derecho de solicitud, se paga una sola vez.
10. Pago tasa anual por uso del espectro, para 1 radiotrayecto el valor es de C\$ 3,301.20
11. Pago anual por uso de la banda de 5 GHz, el valor es de C\$ 12,379.5

En caso de solicitar exoneración de pagos de tasa anual por uso del espectro y pago anual por uso de la banda a utilizar se deberá dirigir una carta al Director General de Telcor. Lic. Orlando Castillo Castillo,

Ing. Melania Solís Miranda

Especialista en Titulación

Dirección de Titulación y Atención a Operadores y Usuarios TELCOR

tel: 2255-9150 ext 3228

12.7 ANEXO 7. FORMATO DE REGISTRO DE RADIOTRAYECTOS PUNTO A PUNTO DE SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO EN LAS BANDAS DE 2.4 GHz, 5 GHz



TELCOR, Ente Regulador
Frente a donde fue el cine González
Managua, Nicaragua
<http://www.telcor.gob.ni>

Formato de registro de radiotrayectos punto a punto de Sistemas de Acceso inalámbrico en las bandas de 2.4 GHz, 5 GHz.

Objeto del Trámite: Nuevo Enlace ☐ Cancelación de Enlace ☐ Modificación parámetros técnicos ☐ Fecha: _____

1. Datos del Solicitante					
1.1 Razón Social			1.2 E-Mail		
1.3 Domicilio					
1.4 Departamento	1.5 Ciudad	1.6 Teléfono	1.7 Fax	1.8 RUC	
2. Datos del Representante Legal					
2.1 Nombre			2.2 E-Mail		
2.3 Domicilio					
2.4 Departamento	2.5 Ciudad	2.6 Teléfono	2.7 Fax	2.8 Cédula de Identidad	
3. Ubicación de los Puntos					
3.1 Punto de Origen	3.2 Latitud ° ' "	3.3 Longitud ° ' "	3.4 Altura Torre (m)	3.5 ASNM (m)	
3.6 Dirección del Punto de Origen					
3.7 Punto Destino	3.8 Latitud ° ' "	3.9 Longitud ° ' "	3.10 Altura Torre (m)	3.11 ASNM(m)	
3.6. Dirección del Punto Destino					
4. Características de los Enlaces					
4.1 Velocidad de Información	4.2 Banda de Operación				
	<input type="checkbox"/> 2.4-2.4985 GHz <input type="checkbox"/> 5.150-5.250 GHz <input type="checkbox"/> 5.250-5.350 GHz <input type="checkbox"/> 5.470-5.725 GHz <input type="checkbox"/> 5.725-5.850 GHz				
4.3 Técnica de Modulación utilizada: <input type="checkbox"/> Secuencia Directa <input type="checkbox"/> Salto de Frecuencias <input type="checkbox"/> Otro, especifique					
5. Características técnicas de los equipos *					
5.1 Marca	5.2 Modelo	5.3 Potencia Tx (dBm)	5.4 Tipo de Modulación		
6. Características técnicas de las Antenas *					
6.1 Tipo de Antena					
<input type="checkbox"/> Direccional	<input type="checkbox"/> Sectorial	En caso de Sectorial: Angulo de Apertura: _____			
6.2 Marca	6.3 Modelo	6.4 Polarización	6.5 Ganancia (dBi)		
7. Comentarios					

Firma
Representante Legal

- * Los campos marcados con * no son necesarios para Solicitud de Cancelación de Enlaces.
- * Este formato deberá ser presentado en letra impresa, no se aceptarán solicitudes cuyos campos no sean debidamente completados.

12.8 ANEXO 8. CUADRO DE DERECHOS Y TASAS DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

22-09-15

LA GACETA - DIARIO OFICIAL

178

ACUERDO ADMINISTRATIVO 003-2015 CUADRO DE DERECHOS Y TASAS DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Managua, 5 de Febrero del año 2015.

CONCEPTO	DERECHO	CONCEPTO	TASA ANUAL
A. DERECHO POR ESTUDIO DE SOLICITUD	CS\$ 825.30	E. POR USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO	De acuerdo
A.1. Licencia de Servicio de Interés General	+ IVA	E.1 Servicio de Telefonía y Radiotelefonico	a su Concesión
Radio AM y FM, TV Abierta y por Suscripción, Transmisión de datos, CX. de Paquetes, Telefonía Pública, etc.		Telefonía Basica (Por Frecuencia)	a su Concesión
A.2. Licencia de Servicio de Interés Especial.		Telefonía Movil Celular (Por Frecuencia)	a su Concesión
Radiolocalización Móvil de Personas (Beeper), Enlaces Troncalizados, Radiodeterminación, Estación Terrena, Telepuerto, Repetidoras Comunitarias.		Telefonía Movil PCS (Por Frecuencia)	
A.3. Registro, Certificado y Permiso de Servicio de Interés Particular, Comunicación Privada, Radiocom. vehicular y portátil.		E.2. Televisión Abierta (VHF o UHF)	
A.4. Renovación y/o Adendum Modificatorio de Cualquier Título Habilitante		E-2-1 Menor o igual a 5 KW	CS\$ 24,759.00
B. DERECHO POR OPERACION BAJO LICENCIA O PERMISO		E-2-2 De 5.1 - 10 KW	CS\$ 41,265.00
Servicio de Interés General (Anual)		E-2-3 De 10.1 - 20 KW	CS\$ 57,771.00
B.1. Televisión por Suscripción Alámbrica		E-2-4 De 20.1 - 25 KW	CS\$ 74,277.00
(Por numero de usuarios)		E-2-5 Mas de 25 KW	CS\$ 107,289.00
B-1-1 De 1 - 250	CS\$ 1,650.60	E-2-6 Enlaces STL (Por Frecuencia)	CS\$ 7,427.70
B-1-2 De 251 - 500	CS\$ 2,475.90	E-2-7 Unidades Móviles de Transmisión c/u	CS\$ 4,951.80
B-1-3 De 501 - 1,000	CS\$ 3,301.20	E-2-8 Enlaces Punto a Punto de Micro Ondas (Por Fx y Radiotrayecto)	CS\$ 4,951.80
B-1-4 De 1,001 - 5,000	CS\$ 9,903.60	E-2-9 Estación Repetidora menor o igual a 2.5 KW (c/u)	CS\$ 12,379.50
B-1-5 De 5,001 - 10,000	CS\$ 24,759.00	E.3. Televisión por Suscripción Inalámbrica (Por Repetidor y/o Transmisor)	Tasa = A x B x C
B-1-6 De 10,001 - 15,000	CS\$ 33,012.00	Donde A = (Ancho de Banda Util 6 Mega Hertz)	
B-1-7 De 15,001 - 20,000	CS\$ 49,518.00	B = (Valor por canal. CS\$ 500.00)	
B-1-8 De 20,001 - 50,000	CS\$ 66,024.00	C = (numero de canales servidos "variable")	
B-1-9 De 50,001 - 80,000	CS\$ 80,000.00	E.4. Estación A.M.	
B-1-10 Más de 80.000	CS\$ 100,000.00	E-4-1 De 1 - 1000 Vatios	CS\$ 1,650.60
B.2. Transmisión de Datos	CS\$ 16,506.00	E-4-2 De 1001 - 5000 Vatios	CS\$ 4,126.50
B.3. Acceso a Internet	CS\$ 16,506.00	E-4-3 De 5001 - 10000 Vatios	CS\$ 8,253.00
B.4. Servicio Portador	CS\$ 16,506.00	E-2-4 De 10001 - 20000 Vatios	CS\$ 16,506.00
B.5. Constancia de Registro de Importación de Equipos	*US\$ 200.00	E-4-5 De 20001 a mas	CS\$ 24,759.00
B.6. Constancia de Registro de Valor Agregado	CS\$ 4,951.80	E.5. Estación F.M.	
C. DERECHOS DE USO DE CONCESION Y LICENCIA	Pago Mensual	E-5-1 De 1 - 1000 Vatios	CS\$ 1,650.60
Servicio de Interés General	De acuerdo al contrato de	E-5-2 De 1001 - 5000 Vatios	CS\$ 4,126.50
Servicios de Interés Especial	Concesión o	E-5-3 De 5001 - 10000 Vatios	CS\$ 8,253.00
	Licencia	E.6. Onda Corta	
		E-6-1 De 1 - 250 Wats	CS\$ 1,650.60
		E-6-2 De 251 - 500 Wats	CS\$ 4,126.50
		E-6-3 De 501 - 1000 Wats	CS\$ 8,253.00
		E.7. Enlaces (STL)	
		E-7-1 De 1 a 20 Vatios c/u	CS\$ 165.06
		E-7-2 De mas de 20 Vatios c/u	CS\$ 412.65

22-09-15

LA GACETA - DIARIO OFICIAL

178

C-C-1 DERECHOS DE USO DE LICENCIA		E.8. Repetidoras (A.M. y F.M.)	
Television por suscripción			
2 % de los ingresos brutos mensuales		E-8-1 De 1 a 1000 Vatios c/u	C\$ 1,650.60
		E-8-2 De 1001 5000 Vatios c/u	C\$ 4,126.50
		E.9. Unidades Móviles y Portátiles (A.M. y F.M.)	
		E-9-1 De 1 a 30 Vatios c/u	C\$ 165.06
		E-9-2 De mas de 30 Vatios c/u	C\$ 412.65
		E.10. Radiodeterminación Móvil de Activos (Por Transmisor)	
			C\$ 4,951.80
		E.11. Repetidoras Comunitarias (Por par de frecuencia)	
			C\$ 4,951.80
		E.12. Enlaces Troncalizados (Por par de Frecuencia)	
			C\$ 4,951.80
		E.13. Enlace STL (Por Frecuencia)	
			C\$ 1,650.60
CONCEPTO	DERECHO	CONCEPTO	TASA ANUAL
D. DERECHOS POR SERVICIOS VARIOS		E.14. Radiocomunicación Privada (VHF y UHF)	
D.1. Inspección Aduanal (Valor del Equipo en Dólares)			
D-1-1 De 1 - 1,000 Dólares	C\$ 247.59	E-14-1 Por Repetidora	C\$ 2,475.90
D-1-2 De 1,001 - 5,000 Dólares	C\$ 495.18	E-14-2 Por Equipo Base	C\$ 577.71
D-1-3 De 5,001 - 10,000 Dólares	C\$ 990.36	E-14-3 Por Equipo Móvil	C\$ 577.71
D-1-4 De 10,001 - 20,000 Dólares	C\$ 1,980.72	E-14-4 Por Equipo Portátil	C\$ 165.06
D-1-5 De 20,001 - 50,000 Dólares	C\$ 4,126.50	E-14-5 Por Frecuencia de enlace	C\$ 1,650.60
D-1-6 De 50,001 - 100,000 Dólares	C\$ 6,063.25	E-14-6 Por Frecuencia de canal Directo (Simplex)	C\$ 1,237.95
D-1-7 De 100,001 - 250,000 Dólares	C\$ 9,094.87	E-14-7 Por Sistema HF	C\$ 4,126.50
D-1-8 De 250,001 - 500,000 Dólares	C\$ 12,126.49	E-15 Estaciones Terrenas	
D-1-9 De 500,001 - 750,000 Dólares	C\$ 15,158.11	E-15-1 Para interconexión de Sistemas GMPCS con la Red Publica.	C\$ 123,795.00
D-1-10 De 750,001 - 1,000,000 Dólares	C\$ 18,189.73	E-15-2 Estaciones Terrenas para Comunicación por Satélite Telepuerto	C\$ 99,036.00
D-1-11 Más de 1,000,000 Dólares	C\$ 21,221.35	E-15-3 VSAT (Corporativas)	C\$ 12,379.50
	+ IVA	E-15-4 VSAT (Telefonia e Internet)	C\$ 1,650.60
D.2. Inspección Técnica a solicitud del Interesado	C\$ 825.30	E.16. Radioenlaces de Voz y Datos .	
D.3. Reposición del Documento de Licencia o Permiso	C\$ 330.12	Por Radiocanal asignado	
D.4. Licencia para Radioaficionado y Radiotelegrafista	C\$ 165.06	E-16-1 1.5 GHZ.	C\$ 6,602.40
D-4-1 Inscripción de Equipos de Radioaficionados	C\$ 82.53	E-16-2 2 GHZ.	C\$ 6,602.40
D-4-2 Reposición o pérdida de Licencia	C\$ 165.06	E-16-3 2.4 GHZ.	C\$ 6,602.40
D.5. Licencia de Radiotécnico	C\$ 495.18	E-16-4 4 GHZ.	C\$ 6,602.40
D.6. Prórroga para instalación		E-16-5 5 GHZ.	C\$ 6,602.40
D-6-1 Servicio de Interés General o Especial	C\$ 3,301.20	E-16-6 6 GHZ.	C\$ 4,951.80
D-6-2 Servicio de Interés Particular	C\$ 825.30	E-16-7 7 GHZ.	C\$ 4,951.80
D.7. Certificado de Homologación (Por cada modelo de equipo)	*US\$350.00	E-16-8 8 GHZ.	C\$ 4,951.80
D.8. Permisos Temporales (30 Días)	C\$ 3,301.20	E-16-9 11 GHZ.	C\$ 3,301.20
D.9. Permiso de Interes Particular	C\$ 3,301.20	E-16-10 13 GHZ.	C\$ 3,301.20
D.10. Listado de Servicios de Telecomunicaciones y Postales (c/u lista)	C\$ 330.12	E-16-11 15 GHZ.	C\$ 2,475.90
D.11. Venta de Ley y Reglamento (c/u)	C\$ 181.57	E-16-12 18 GHZ - 23 GHZ - 38 GHZ.	C\$ 2,475.90
D.12. Asignación de Permisos Temporales Especiales	C\$ 1,200.00	E-16-13 Por radiotrayecto c/u.	C\$ 3,301.20
		E.17 Radioenlaces de Espectro Ensanchado.	

7480

22-09-15

LA GACETA - DIARIO OFICIAL

178

D.13. Emision de Constancias de tramites	C\$ 825.30	E-17-1 Banda de 900 MHZ (Por uso compartido de la Banda)	C\$ 5,777.10
D.14 Emision de Adendum modifcatorios de Titulos Habilitantes (En caso de modificaciones que incluyen asignación de frecuencias deberan pagar según tasa anual por uso del espectro	30 % Valor de la Tasa Anual	E-17-2 Banda de 2.4 GHZ (Por uso compartido de la Banda)	C\$ 8,253.00
		E-17-3 Banda de 5 GHZ (Por uso compartido de la Banda)	C\$ 12,379.50
D.15. Derecho de Instalacion y Tasas sobre Estructuras, Soportes o Portantes de Antenas para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectroradioelectrico.		E-17-4 Por cada radiotrayecto en banda compartida	C\$ 3,301.20
D.15.1 Instalacion de estructuras del tipo mástil, vínculo o por cada conjunto de uno o más pedestales instalados en un mismo lugar físico que conformen una única unidad	*US\$ 1,000.00	E.18 Servicios Generales por Satellite	
		E-18-1 Derecho por Aterrizaje Satelital	C\$ 181,566.00
D.15.2 Derecho de Instalacion sobre Estructuras, Soportes o Portantes de Antenas de Sistemas de Radiodifusion Sonora AM y FM(para fines distintos de la Radiodifusión Sonora)	*US\$ 3,000.00	E-18-2 Derecho por Comercialización de Servicios Satelitales a terceros	C\$ 87,481.80
D.15.3 Derecho de Instalacion sobre Estructuras, Soportes o Portantes de Antenas de Sistemas de Television Abierta en VHF y UHF(para fines distintos a la Radiodifusión Televisiva)	*US\$ 3,000.00	E.19 Comercialización de Voz sobre IP	C\$ 8,253.00
D.15.4 Tasa Anual por Constancia de Registro de Empresas Torreras, propietarias de estructuras	*US\$ 5,000.00	E.20 Acceso inalámbrico de Banda Ancha (BWA) en la Banda 2500-2690 MHz Por cada 5 MHz (pagadero al tipo de cambio oficial a la fecha del pago)	*US\$ 10,000.00
D.15.5 Tasa Anual por Constancia de Registro de Constructores de Torres y sitios relacionados		E.21 Comercialización de otros servicios de Telecomunicaciones a terceros	C\$ 8,253.00
D.15.6 Derecho de inspección para verificación del mantenimiento del estado de estructuras, soportes o Portantes de Antenas (por cada sitio)	*US\$ 100.00	E.22 Banda de 10 Ghz (De uso Exclusivo)	
		E-22-1 Por cada MHZ	C\$ 6,769.30
	*US\$ 1,000.00		
D.15.7 Autorizacion de Transmisión de titularidad de Permiso de Construccion de estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectroradioelectrico.			
D.15.8 Constancia Anual de registro de sitios autorizados	*US\$ 300.00		
D.15.9 Sustitucion/ reposición de Permiso por Daño, pérdida o cambio de dimensiones /capacidad.	*US\$ 1,000.00		
D.15.10 Custodia o depósito de: Fianza, Seguros y/o Garantías, por cada una anualmente.	*US\$ 20.00		

ACUERDO ADMINISTRATIVO 003-2015

CUADRO DE DERECHOS Y TASAS DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

Managua, 5 de Febrero del año 2015.

CONCEPTO	TASA ANUAL por cada 12 MHz	CONCEPTO	TASA ANUAL por cada 20 MHz
E. 23 POR USO DE LA BANDA DE 700 MHZ PARA TRANSMISIÓN DE DATOS		*E. 25 POR USO DE LAS BANDAS DE 1710-1770 MHz y 2110-2170 MHz	
MANAGUA	C\$ 158,877.00	MANAGUA	C\$ 139,230.00